

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID



**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**ACOMETIDA EN MEDIA TENSIÓN
Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
DE CLIENTE**

**PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL: ELÉCTRICA**

AUTOR: Darwin F. Méndez Arcos

Director: Raúl Millor Blanco

Leganés, 2018

RESUMEN

La razón principal de este proyecto es dar a conocer las instalaciones eléctricas necesarias para la electrificación de un recinto propiedad de una empresa del sector industrial, así como de mostrar su diseño, cálculos, justificación y dimensión.

Esta edificación tiene su emplazamiento en una zona cercana al parque tecnológico de Leganés y las dimensiones de este emplazamiento tienen una superficie de 2.640 m². Por lo tanto, la magnitud de la instalación incluirá una línea subterránea de media tensión de 20 kV y un centro de transformación de 400 kVA.

La red de Media Tensión integra el cálculo y selección de conductores, así como los demás parámetros que influyen en su dimensionamiento. El centro de transformación es de propiedad particular, ubicado en superficie y está compuesto por un transformador, una celda de entrada, una de salida, una protección y una de medida.

Este proyecto obligará a la consulta reglamentos, multitud de manuales y normativas para hacer cumplir correctamente su construcción. En concreto, seguirá la norma ITC-LAT-09 (Anteproyectos y proyectos) y por tanto se dividirá en los siguientes documentos: la memoria descriptiva, los cálculos justificativos, el pliego de condiciones y el presupuesto que estimará el coste de llevar a cabo la obra. En la parte final del proyecto se incluirán anexos y planos, y se citará la bibliografía necesaria para su realización.

La redacción y ejecución del proyecto está basada en el Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Subterránea hasta 20 kV bajo las normas de la compañía suministradora Unión Fenosa Distribución S.A. El motivo por el cual se han cumplido estas condiciones técnicas será la necesidad de ceder a esta compañía las instalaciones subterráneas, para que pasen a formar parte de la infraestructura eléctrica de esta compañía.

ABSTRACT

The main reason for this project is to introduce the necessary electrical installations for the electrification of an enclosure, owned by a company in the industrial sector, as well as to show its design, calculations, justification and sizing.

This building has its location in an area nearby the technology park of Leganés and the dimensions of this site have an area of 2,640 m². Therefore, the magnitude of the installation will include a 20 kV medium voltage underground line and a 400 kVA transformer substation.

The medium voltage network integrates the calculation and selection of conductors, as well as the other parameters that influence its sizing. The transformer substation is a private property, located on the surface and is composed of a transformer, an input, an output, a protection and a measurement cell.

This project requires the searching for regulations, a multitude of manuals and standards to properly enforce its construction. Specifically, the project will follow the ITC-LAT-09 standard (Pre-projects and projects) and therefore it will be divided into the following documents: the descriptive memory, the supporting calculations, the specifications and the budget that estimate the cost of carrying out the work. In the final part of the project annexes and plans will be included, and the necessary bibliography will be cited for its realization.

The drafting and execution of the project is based on the Project Type of Underground Power Lines up to 20 kV under the rules of the supplier company Unión Fenosa Distribución SA. The reason for which these technical conditions must be achieved is the necessity to assign to this company the built underground facilities, so that they become part of the electrical infrastructure of this company.

ÍNDICE GENERAL

I.	Memoria descriptiva	2
II.	Cálculos justificativos	54
III.	Pliego de condiciones	80
IV.	Presupuesto	101
V.	Conclusiones	110
VI.	Planos	113
VII.	Bibliografía	120
VIII.	Anexo	123

DOCUMENTO I

MEMORIA

ÍNDICE

1	Descripción del proyecto.....	6
1.1	Objeto	6
1.2	Titular	6
1.3	Empresa suministradora de energía.....	7
1.4	Situación y emplazamiento	7
1.5	Antecedentes y datos de partida	8
1.6	Previsión de la demanda	8
1.7	Solución adoptada	8
2	Red de Media Tensión.....	10
2.1	Descripción de la instalación	11
2.2	Línea subterránea de Media Tensión	11
2.3	Características principales de la red	12
2.4	Características de los conductores	12
2.4.1	Descripción del conductor	13
2.4.2	Características principales del conductor	15
2.4.3	Cable normalizado por la compañía.....	17
2.5	Canalizaciones.....	18
2.5.1	Cables entubados en zanjas	18
2.5.2	Trazado	20
2.5.3	Puntos de acceso a la red	21
2.5.4	Medidas de señalización y seguridad.....	21
2.6	Paralelismos.....	22
2.7	Cruzamientos	23
2.8	Acometidas	25
2.9	Seccionamiento y sistema de protecciones	25
2.9.1	Dispositivos de seccionamiento	25

2.9.2	Sistemas de protección	26
2.10	Empalmes y terminaciones.....	26
2.11	Puesta a tierra.....	27
2.11.1	Línea de tierra.....	27
2.11.2	Electrodos de puesta a tierra	28
3	Centro de transformación	30
3.1	Características generales	30
3.2	Características constructivas de la instalación.....	31
3.3	Características eléctricas de la instalación	36
3.4	Celdas de Media Tensión.....	36
3.4.1	Características constructivas de la celda.....	37
3.4.1.1	Cuba	37
3.4.1.2	Base.....	37
3.4.1.3	Mecanismos de maniobra	38
3.4.2	Características eléctricas de la celda.....	39
3.4.2.1	Interruptor-seccionador-seccionador de puesta a tierra	39
3.4.2.2	Mando.....	39
3.4.2.3	Fusibles	39
3.4.2.4	Conexión	39
3.4.2.5	Enclavamientos.....	39
3.4.3	Características descriptivas de las celdas.....	40
3.4.3.1	Celda de línea	40
3.4.3.2	Celda seccionamiento de compañía.....	42
3.4.3.3	Celda de protección general	43
3.4.3.4	Celda de medida	45
3.5	Transformador	48
3.5.1	Características generales.....	48

3.5.2	Tipos de transformadores	49
3.5.2.1	Transformadores en baño de aceite	49
3.5.2.2	Transformadores en baño de silicona líquida.	50
3.5.2.3	Transformadores en seco	50
3.5.2.4	Transformador integral en aceite vegetal	51
3.5.3	Características descriptivas del transformador.....	52

1 Descripción del proyecto

1.1 Objeto

En este capítulo del proyecto se va a definir y describir las instalaciones eléctricas de Media Tensión a ejecutar conforme al reglamento electrotécnico correspondiente y demás normas complementarias vigentes, para el diseño y cálculo del suministro eléctrico de un futuro complejo industrial. Las necesidades eléctricas de este emplazamiento serán atendidas por una red de 20 kV.

El diseño del presente proyecto se ha realizado acorde a las indicaciones de la compañía suministradora Unión Fenosa Distribución S.A. y conforme a sus Proyectos Tipo.

La instalación de esta red consta del tendido de una línea subterránea de Media Tensión desde un punto de conexión subterráneo de 20 kV, propiedad de la empresa distribuidora Unión Fenosa Distribución S.A., hasta un Centro de Transformación de nueva construcción de 400 kVA localizado en el término municipal de Leganés. Posiblemente el centro de transformación se denominará “CT Finca la botella”.

Luego se conectará eléctricamente este centro de transformación con la nave del grupo industrial, a través de una red subterránea de tensión 400V que no forma parte de este proyecto.

La línea proyectada transcurre en su totalidad por caminos públicos, en la zona finca la botella, en el término municipal de Leganés.

1.2 Titular

El promotor de la instalación del presente proyecto es la compañía de Industrias Cárnicas Llorente S.A., con domicilio social en Ctra. N-400 Km.95, 416400 Tarancón (Cuenca).

1.3 Empresa suministradora de energía

La instalación del presente proyecto será llevada a cabo por la empresa Unión Fenosa Distribución S.A. con domicilio social en Av. San Luis nº 77, 28033 Madrid.

1.4 Situación y emplazamiento

Este emplazamiento queda localizado en la calle Finca la botella número 27, término municipal de Leganés, en la comunidad de Madrid con referencia catastral 5268904VK3656N0001RB.

COORDENADAS GPS

40° 20' 51.77" N

3° 45' 49.66" W

HEMISFERIO N

ALTURA: 20 m

COORDENADAS UTM

X: 435.134,37 m

Y: 4.466.631,23 m

HUSO UTM: 30

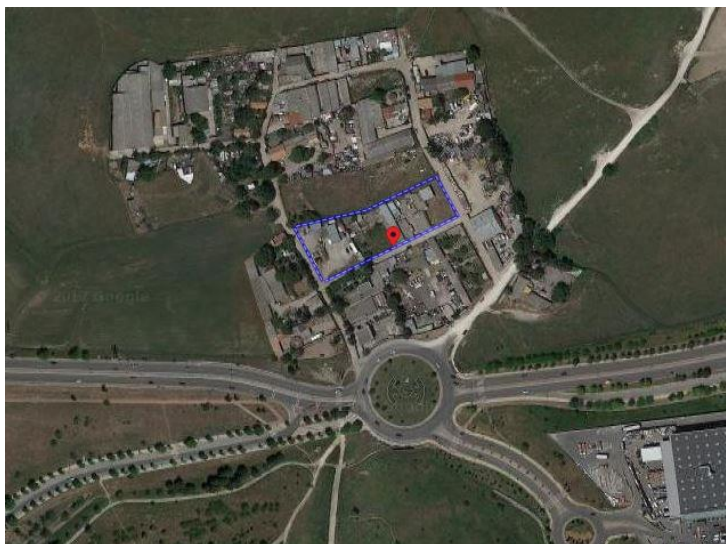


Fig. 1 Parcela ubicación de la instalación

1.5 Antecedentes y datos de partida

La compañía propietaria del emplazamiento quiere establecer su sede en Madrid, por su ubicación estratégica para la distribución de productos cárnicos en todo el país. El lugar del emplazamiento es una zona cercana al parque tecnológico de Leganés, con múltiples accesos, conexiones y cercana al centro de Madrid.

La zona en la que se encuentra el terreno es una zona de carácter industrial según la referencia catastral, en la que la electrificación existente proviene simplemente de enganches directos de una red cercana de Media Tensión subterránea de 20 kV propiedad de Unión Fenosa Distribución.

Las dimensiones de este emplazamiento son de 80 m de largo por 30 m de ancho, lo que supone un área de 2.640 m². Para poder dar suministro eléctrico a esta parcela es preciso hacer una previsión de potencia de la forma más real y aproximada posible. En documento cálculos se indica el procedimiento para realizar esta previsión.

1.6 Previsión de la demanda

La compañía no ha mencionado la potencia final de la instalación, por lo que el cálculo será tratado como edificios destinados a una concentración de industrias con conforme a la norma ITC-BT-10.

Según los cálculos, que serán más adelante expuestos, la potencia aparente que requiere la instalación es de unos 388 kVA.

1.7 Solución adoptada

El presente proyecto define y caracteriza las condiciones y los elementos necesarios para satisfacer la necesidad eléctrica de una instalación industrial. Para ello, demanda de un centro de transformación tipo cliente, con un transformador de potencia de 400 kVA, instalada en superficie por ser un modelo constructivo habitual o extendido, y la aparamenta necesaria desde la acometida de la compañía suministradora de tensión 20 kV.

El estudio de las necesidades de consumo en el lado de Baja Tensión se realizará conforme al vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias y en particular a la previsión de cargas según la ITC-BT-10, “Previsión de cargas para suministros en Baja Tensión”. Se tendrá en cuenta que para la apertura de expediente con la correspondiente compañía distribuidora se establecerá un coeficiente de simultaneidad de la potencia estimada de 1, además dicha potencia debe superar un 25% como previsión de futuras ampliaciones.

Definida la necesidad de potencia, realizada la apertura de expediente de acometida, el punto de acometida y la tensión de alimentación de su línea de distribución con la compañía distribuidora, finalmente la instalación proyectada consta de los siguientes puntos:

- Línea subterránea de Media Tensión.
- Centro de transformación particular.

2 Red de Media Tensión

El objeto del presente apartado es la descripción de la red de Media Tensión para el enlace desde el punto de conexión de la compañía en alta tensión, hasta el centro de transformación de particular. Antes de avanzar, se debe tener en cuenta el concepto de Alta Tensión.

Según el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus ITC-RAT 01 a 23, se entiende como instalaciones de Alta Tensión a aquellas con corriente alterna trifásica y frecuencia menor a 100 Hz, cuya tensión nominal eficaz entre fases sea superior a 1 kV.

Dentro de la definición de Alta Tensión el mismo reglamento clasifica en categorías atendiendo al tipo de tensión nominal de la siguiente forma:

- Categoría especial: Las instalaciones de tensión nominal igual o superior a 220 kV y las de tensión inferior que formen parte de la Red de Transporte.
- Primera categoría: Las de tensión nominal inferior a 220 kV y superior a 66 kV.
- Segunda categoría: Las de tensión nominal igual o inferior a 66 kV y superior a 30 kV.
- Tercera categoría: Las de tensión nominal igual o inferior a 30 kV y superior a 1 kV.

Por lo tanto, se estaría usando durante el proyecto una red de Alta Tensión de tercera categoría según el reglamento. Sin embargo, desde el punto de vista técnico-profesional, es habitual clasificar como Media Tensión a redes entre 1 kV y 45 kV, Alta Tensión a redes entre 66 kV y 220 kV, y Muy Alta Tensión para redes de 400 kV.

Las tensiones en las redes de distribución también dependen de la zona geográfica y de la compañía suministradora. Asimismo, las redes de distribución se pueden clasificar según su disposición y modo de alimentación en:

- Red radial o de antena

Son redes que se alimentan solo por un extremo transmitiendo la energía en forma radial hacia los receptores. Son simples y sencillos y están equipados de protecciones selectivas. Carecen de garantía de servicio.

- Red en bucle cerrado o en anillo

Son redes alimentadas por ambos extremos, quedando estos intercalados en el bucle o anillo. Poseen estructura y sistemas de protección más complejos, y de la misma manera ofrecen mayor seguridad y facilidad de mantenimiento.

- Red mallada

Este tipo de redes son el resultado de entrelazar anillos y líneas radiales dando la forma de una malla. Tienen gran seguridad de servicio y flexibilidad de alimentación, sin embargo, son más extensas y complejas donde la potencia de cortocircuito aumenta de forma drástica.

2.1 Descripción de la instalación

La instalación consistirá en la conexión desde el punto de acometida, propiedad de la compañía Unión Fenosa Distribución S.A., hasta un centro de transformación de cliente mediante una línea subterránea de 20 kV que alimentará dicho centro de transformación para proporcionar energía a un transformador de 400 kVA.

El diseño de la línea subterránea de Media Tensión se ha elaborado basándose en el " Proyecto Tipo Líneas Eléctricas Subterráneas hasta 20 kV". Esta línea de distribución tiene como objeto proveer de suministro eléctrico al centro de transformación proyectado.

2.2 Línea subterránea de Media Tensión

La línea subterránea proyectada estará conectada a la línea de Media Tensión subterránea de la compañía a través de red subterránea entubada trifásica empleándose como conductores, el cable homologado por Unión Fenosa Distribución.

Por tanto, los conductores de Media Tensión serán tres cables unipolares del tipo **RHZ1 20L 12/20 kV 1x95 mm²**, que satisfacen los ensayos establecidos en la norma IEC 60502-2:2005. Esto se justifica en los siguientes apartados.

En el documento planos se indica el punto de conexión donde se realizará el enlace a la línea subterránea.

2.3 Características principales de la red

Las características eléctricas proporcionadas por la compañía son:

- Tensión nominal: 20 kV
- Tensión más elevada de la red: 24 kV
- Clase de corriente: Alterna trifásica
- Intensidad de cortocircuito: 16 kA
- Intensidad de defecto a tierra: 400 A
- Potencia de cortocircuito 500 MVA
- Tiempo de desconexión: 1 s
- Frecuencia: 50 Hz
- Categoría de la red (según UNE 211435): Categoría A.

2.4 Características de los conductores

A la hora de escoger el tipo de conductor, las principales características que se analizan son es el tipo de aislamiento y el material del conductor. En redes de Media Tensión los tipos de aislamiento más predominantes son XLPE (polietileno reticulado) y EPR (etileno-propileno) y los tipos de material habituales son Aluminio o Cobre. Estos factores determinarán el funcionamiento y la vida útil del conductor.

Además de esto, la utilización de cables unipolares al momento de ejecutar la instalación permitirá trabajar con mayor comodidad debido a que son más manejables, y más prácticos para realizar empalmes y conexiones.

A continuación, se analizan las características técnicas que más influyen en la ejecución de la obra y la vida de los cables:

- **Comportamiento frente al fuego:** Tanto un cable con aislamiento ERP como con XLPE, cumplen el requisito de no propagación del fuego. Ambos usan una cubierta de poliolefínico que es libre tanto de hidrocarburos volátiles como de halógenos o metales pesados. En el caso de cubiertas con coloración roja, existe una mínima cantidad de plomo para incrementar la resistencia de los cables a agresiones externas.
- **Capacidad de transporte:** Un cable con aislamiento XLPE tiene mayor capacidad de transporte ante la misma sección. Esto es debido a que el XLPE tiene mayor conductividad térmica. Ante un evento de sobrecarga eléctrica o cortocircuito de corta duración ambos se comportan de manera similar.
- **Manipulación y tendido:** El aislamiento ERP al ser más flexible que el XLPE implica que puede obtener menores radios de curvatura y por tanto una mejor manipulación y tendido en trazados sinuosos.
- **Comportamiento frente a humedad y agua:** Ambos tipos de aislantes se comportan de manera similar ante ambientes húmedos, debido a que en estos casos depende del tipo de cubierta. En caso de daño o avería de un cable con aislamiento ERP, éste se mantiene impermeable. Esta característica hace que su utilización predomine en ambientes húmedos como canalizaciones inundables o canaletas abiertas, mientras que el aislante XLPE se utiliza en ambientes secos.
- **Estabilidad frente al envejecimiento:** Un aislante EPR soporta mayores temperaturas de trabajo, lo que le permite trabajar a mayores temperaturas que un aislamiento XLPE sin reducción de la vida útil del cable.
- **Costo económico:** Aproximadamente se utilizan por igual ambos aislantes, pero en muchas ocasiones se decanta por XLPE porque su coste es menor.

2.4.1 Descripción del conductor

Los conductores que serán empleados son conductores de aluminio de sección circular y tensiones nominales hasta 24 kV. Serán conductores compactos de varios alambres, y cableados de acuerdo con la Norma UNE-EN 60228:2005 "Conductores de cables aislados".

La pantalla del conductor será metálica y estará constituida por corona de alambres de cobre. El aislamiento estará compuesto de polietileno reticulado de acuerdo con la Norma UNE-HD 620-5-E-1.

Para impedir la penetración de agua, serán obturados longitudinalmente y la cubierta exterior contendrá un compuesto termoplástico a base de poliolefina de color rojo.

Según ITC-LAT-06, ante un eventual funcionamiento, la duración máxima con una fase a tierra, que el sistema de puesta a tierra permita, y teniendo el sistema de protección previsto, las redes incluidas en el presente proyecto se clasifican como redes categoría A.

En la Tabla 1 de este proyecto es una parte de la tabla 2 de la ITC-LAT-06 donde se especifica las tensiones nominales de los cables U_0/U , así como su nivel de aislamiento a impulsos tipo rayo, U_p , en función de la tensión nominal, de la tensión más elevada y de la categoría de la red, según ITC-LAT 06.

Tabla 1 Niveles de aislamiento de los cables y sus accesorios

Tensión nominal de red U_n (kV)	Tensión más elevada de la red U_s (kV)	Categoría de la red	Características mínimas del cable y accesorios	
			U_0/U (kV)	U_p (kV)
15	17,5	A-B	8,7/15	95
		C	12/20	125
20	24	A-B		
		C	15/25	145

Las tensiones nominales normalizadas de la red son 15 kV y 20 kV y, siguiendo un criterio de unificación de las características de los cables y según la tabla anterior, la tensión nominal seleccionada para utilizar en los cables en ambas tensiones es de 12/20 kV.

Los cables serán unipolares debidamente apantallados y protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen o la producida por corrientes erráticas (parásitas).

Deberán tener resistencia mecánica suficiente para soportar las acciones de instalación, tendido y las habituales después de la instalación. Se exceptúan las agresiones mecánicas procedentes de maquinaria de obra pública como excavadoras, perforadoras o incluso picos.

Los accesorios como empalmes y conexiones de los cables subterráneos serán adecuados a la naturaleza composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos. Se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento.

Las pantallas de los cables se conectarán a tierra en los dos extremos de la línea tal como se observa en la figura 1. En nuestro caso no será necesario conectar las pantallas a tierra en los empalmes.



Figura 3

2.4.2 Características principales del conductor

A continuación, se muestra en la figura 2 las partes constructivas de un cable de Media Tensión para resaltar las características expuestas en la tabla 2.

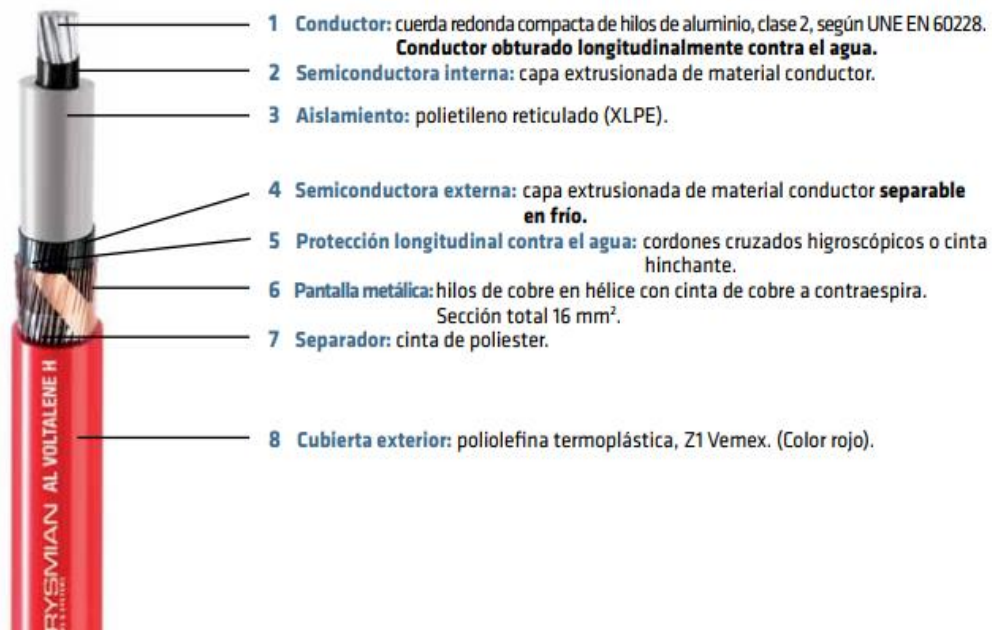


Figura 4

Las características principales del cable escogido de entre los cables normalizados propuestos por Unión Fenosa Distribución se indican en la siguiente tabla:

Tabla 2 Características principales del conductor

Características	RHZ1 20L 12/20 kV				
Sección conductor aluminio. (mm ²)	95	150	240	240(S)	240(AS)
Sección pantalla de cobre. (mm ²)	16				
Nº mín. alambres x conductor	15		30		
Ø conductor mín./máx. mm	11/12	13,7/15	17,6/19,2	17,6/19,2	17,6/19,2
Ø conductor y capa semiconductora interna, aprox. Mm	12,3	15	19,2	19,2	19,2

Espesor nominal aislamiento. mm	5,5				
Ø del aislante, aprox. mm	23,3	26	30,2	30,2	30,2
Ø medio pantalla, aprox. mm	25,7	28,5	32,5	32,5	32,5
Espesor nominal cubierta. mm	2,7	3			
Ø exterior, aprox. Mm	31,5	34,9	39,2	39,2	46
Radio mínimo curvatura (final). mm	473	523	588	588	690
Peso aprox. kg/km	1065	1320	1700	1700	2580
Temp. (°C) máx. Normal/cc máx.5 seg	90 / 250				
Nivel aislamiento impulsos tipo rayo kV	125				

2.4.3 Cable normalizado por la compañía

La sección del cable se justifica en el apartado cálculos. Los datos técnicos del cable tipo **AI RHZ1 2OL 12/20 KV 1x95 mm2** normalizado por Unión Fenosa Distribución:

- Tipo: AI RHZ1-2OL
- Nombre comercial: AL VOLTALENE H
- Tensión: 12/20 kV
- Norma de diseño: UNE HD 620-10E
- Tensión nominal simple (Uo): 12 kV
- Tensión nominal entre fases (U): 20 kV
- Tensión máxima entre fases (Um): 24 kV
- Tensión a impulsos (Up): 125 kV
- Tª máxima admisible en el conductor en servicio permanente (°C) 90
- Tª máxima admisible en el conductor en régimen de cortocircuito (°C) 250

2.5 Canalizaciones

Los cables aislados subterráneos de Media Tensión hasta 20 kV podrán canalizarse de las siguientes maneras:

- a) Cables entubados en zanjas.
- b) Cables directamente enterrados en zanjas.
- c) Cables al aire, alojados en galerías.

En nuestro caso particular, tal como aconseja la norma de Unión Fenosa Distribución, la forma preferente será de cables entubados en zanja.

2.5.1 Cables entubados en zanjas

Los tubos normalizados para estas canalizaciones se rigen conforme a la norma UNE-EN 50086-2-4:2001. Estos tubos tendrán las siguientes características:

Tipo de polímero	HDPE (polietileno de alta densidad)
Ø del tubo	160 mm
Longitud	6 m
Color	Rojo
Resistencia a la compresión	450 N
Resistencia al impacto	40 J

Dichos tubos irán siempre acompañados de un tubo de polietileno de alta densidad de color verde de 125 mm de diámetro para la posible instalación de cables de comunicaciones para el sistema eléctrico según la Norma UNE-EN 50086-2-4. En el documento Planos se anexa los planos de la zanja para obsérvalo con mayor claridad.

Los tubos irán alojados en zanjas cuyas dimensiones mínimas y números de tubos que puede albergar son las que se muestran en la Tabla 3. El número de tubos dependerá de las líneas a instalar y del trazado de la canalización.

La anchura de zanja indicada en la tabla 3 es válida siempre que el tendido de los cables se realice con medios mecánicos, sin embargo, cuando el tendido sea manual, la anchura será la suficiente para permitir el trabajo de un hombre.

En todo momento la profundidad mínima a la parte superior del tubo más próxima a la superficie del suelo no será menor de 60 cm en el caso de canalización bajo acera, ni de 80 cm bajo calzada.

Tabla 3

Canalización	Ancho (cm)	Profundidad (cm)			
		80	100	120	140
BAJO ACERA	20	1	2	-	-
	40	2	4	6	-
	60	-	-	9	-
A BORDE DE LA CALZADA	40	-	1+1R	3+1R	5+1R
CRUCE DE CALZADA	40	-	1+1R	3+1R	5+1R
	60	-	-	-	8+1R

Donde R significa tubo de reserva. Estos tubos de reserva deberán dejarse convenientemente taponados y resistencia mecánica que garantice su utilización en el futuro. Los tubos quedarán sellados con espumas expansibles, impermeables e ignífugas.

El fondo de la zanja deberá ser de terreno firme para evitar corrimientos en profundidad que sometan a los cables a esfuerzos de estiramiento. Cuando las características del terreno, la existencia de servicios o la previsión de instalación de nuevos servicios cuya construcción comprometa la seguridad del tendido

subterráneo lo aconsejen, se aumentará la profundidad de la zanja de acuerdo con el Director de Obra y el representante de la Empresa Distribuidora.

Los tubos se situarán sobre un lecho de arena de 4 cm de espesor. A continuación, se cubrirán los tubos con arena y se realizará el compactado mecánico para conseguir un próctor del 95%, teniendo en cuenta que el tubo verde de comunicaciones irá situado por encima a 4 cm aproximadamente. En los casos de dificultad en el acopio de arena, el Director de Obra podrá autorizar el cambio por otros materiales de similares características, tales como tierra tamizada o gravilla, previo acuerdo con la Empresa Distribuidora.

Se colocarán también una cinta de señalización de color amarillo naranja vivo que advierta la existencia de los cables. Su distancia mínima a la cara inferior del pavimento será de 10 cm y a la parte superior del tubo de 25 cm.

En los cruzamientos de calzadas y ferrocarriles los tubos irán hormigonados en todo su recorrido y se situarán sobre una capa de 4 cm de espesor. A continuación, se colocará el tubo verde de comunicaciones a 4 cm de la parte superior del tubo asegurando que este quede cubierto con una capa de como mínimo 4 cm de hormigón.

En casos tales como, cruce de calzadas, acceso a garajes de vehículos de gran tonelaje y también, cuando así se indique más adelante en el apartado de canalización en zona rural, los cables se tenderán en tubulares hormigonadas.

En este proyecto, no es necesario el entibado de la zanja, no obstante, en casos particulares, a juicio del Director de Obra responsable de seguridad, se procederá al entibado de la zanja con el fin de asegurar su estabilidad.

2.5.2 Trazado

El trazado de la línea transcurrirá por caminos de dominio público de competencia municipal por lo que se deberá cumplir con la correspondiente normativa local. En este caso el término municipal afectado es el Ayuntamiento de Leganés.

La línea subterránea objeto de este proyecto se iniciará en el punto de acometida y finalizará en la conexión con el centro de transformación. La longitud de la línea desde el punto de acometida hasta el centro de cliente es de 78 metros.

Se deberá considerar que el radio de curvatura una vez instalados los cables será superior de 10 (D+d), siendo D el diámetro exterior del cable y d el diámetro del conductor.

En el caso de trazados por zonas rurales que no discurren por vías públicas o paralelos a ellas se señalizarán mediante la instalación de hitos prefabricados de hormigón, que se colocarán cada 50 metros en los tramos rectos y en todos los cruces y cambios de dirección. Estos hitos irán etiquetados según codificación propia de Unión Fenosa Distribución.

2.5.3 Puntos de acceso a la red

Los puntos se emplearán en el acceso a zonas urbanas, donde frecuentemente se producen coincidencias de varias líneas en la misma canalización y existen otros servicios próximos.

Estos puntos de acceso facilitarán los tendidos de líneas a realizar en distintas fases evitando permisos y molestias (abrir pavimentos), mejorando los tiempos de reposición del servicio al cliente.

Los puntos de acceso se construirán de obra civil o prefabricado de hormigón de acuerdo con los planos del documento Planos. Las tapas serán de fundición se diseñarán conforme a la Norma UNE EN 124.

2.5.4 Medidas de señalización y seguridad

Como aviso y para evitar el posible deterioro que se pueda ocasionar cualquier excavación en las proximidades de la canalización, se colocará una cinta de señalización al ser cables entubados.

2.6 Paralelismos

Se procurará que los cables subterráneos cumplan las siguientes condiciones evitando que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

- Con otros cables de energía eléctrica: Los cables de MT podrán instalarse paralelamente a otros de BT o AT, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 25 cm.
- Con cables de telecomunicación: Los cables de MT podrán instalarse paralelamente a líneas de telecomunicación subterráneas, manteniendo entre ellos la mayor distancia posible entre sí o una distancia mínima de 20 cm.
- Con canalizaciones de agua: Los cables de MT se instalarán separados de las canalizaciones de agua a una distancia mayor a 20 cm. La distancia mínima entre los empalmes de los cables y las juntas de las canalizaciones de agua tendrá que ser de 1 m.

Se procurará mantener una distancia mínima de 20 cm en proyección horizontal y, también, que la canalización de agua quede por debajo del nivel de los cables eléctricos.

Por otro lado, las arterias importantes de agua se dispondrán alejadas de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos.

- Con canalizaciones de gas: En la tabla se establecen las distancias mínimas que debe mantenerse entre las canalizaciones de gas y la línea subterránea.

Canalización y acometida	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) cables directamente enterrados	Distancia mínima (d') cables bajo tubo
--------------------------	----------------------------------	-----------------------------------------------------	----------------------------------------

Canalizaciones y acometidas	En alta presión >4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤4 bar	0,25 m	0,15 m
Acometida interior (*)	En alta presión >4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤4 bar	0,20 m	0,10 m
<p><i>(*) Acometida interior: Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de acometida de la compañía suministradora (sin incluir ésta), y la válvula de seccionamiento existente en la estación de regulación y medida. Es la parte de acometida propiedad del cliente.</i></p>			

- Con conducciones de alcantarillado bajo tubo: Los cables de MT se instalarán separados de estas conducciones a una distancia mayor a 20 cm. La distancia mínima entre los empalmes de los cables y las juntas de la conducción de alcantarillado bajo tubo será de 1 metro, así como respecto a los cables eléctricos.

Se procurará mantener una distancia mínima de 20 cm en proyección horizontal y, también, que la conducción quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Cuando por cualquier motivo no pueda respetarse estas distancias, los cables se instalarán bajo tubo normalizado por la compañía de suministro.

2.7 Cruzamientos

A continuación, se fijan las condiciones a las que debe responder los cruzamientos de cables subterráneos para los siguientes casos:

- Con calzadas (camino y carreteras): En estos cruces, los cables deberán ir entubados. La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie en el cruzamiento será mayor a 0,60 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular a la calzada.

- Con otros cables de energía eléctrica: Siempre que sea posible los cables de MT deberán instalarse por debajo de los de BT, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 25 cm. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1m.

Con cables de telecomunicación: Los cables de MT podrán instalarse a una distancia mínima de 20 cm de las líneas de telecomunicación subterráneas. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable MT como del cable de telecomunicación será superior a 1m.

- Con canalizaciones de agua: Los cables de MT se instalarán separados de las canalizaciones de agua a una distancia mayor a 20 cm. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de agua o de los empalmes de los cables, situando unos y otros a una distancia superior 1 m.
- Con canalizaciones de gas: En la tabla se establecen las distancias mínimas que debe mantenerse entre las canalizaciones de gas y la línea subterránea. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de agua o de los empalmes de los cables, situando unos y otros a una distancia superior a 1 m.

Canalización y acometida	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) cables directamente enterrados	Distancia mínima (d') cables bajo tubo
Canalizaciones y acometidas	En alta presión >4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤4 bar	0,25 m	0,15 m
Acometida interior (*)	En alta presión >4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤4 bar	0,20 m	0,10 m

() Acometida interior: Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de acometida de la compañía suministradora (sin incluir ésta), y la válvula de seccionamiento existente en la estación de regulación y medida. Es la parte de acometida propiedad del cliente.*

- Con conducciones de alcantarillado bajo tubo: Los cables de MT se instalarán separados de estas conducciones a una distancia mayor a 20 cm. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de la conducción o de los empalmes de los cables, situando unos y otros a una distancia superior a 1 m.

Quando por cualquier motivo no pueda respetarse estas distancias, los cables se instalarán bajo tubo normalizado y hormigonado por la compañía de suministro.

Con cruzamientos con ferrocarriles y con depósitos carburantes no se tendrán en cuenta por no ser parte de este proyecto.

2.8 Acometidas

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y las canalizaciones de los servicios descritos anteriormente se produzca en el tramo de acometida, deberá mantenerse entre ambos una distancia mínima de 30 cm.

Quando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado de compañía. La canalización de la acometida eléctrica, en la entrada, deberá taponarse hasta conseguir su estanqueidad.

2.9 Seccionamiento y sistema de protecciones

2.9.1 Dispositivos de seccionamiento

Para el seccionamiento en la red subterránea, ésta se realizará, bien con conexiones enchufables o bien mediante celdas de aislamiento independiente de las condiciones atmosféricas.

2.9.2 Sistemas de protección

Las características y disposición de las protecciones de la cabecera de la línea se recogerán en el proyecto de la subestación suministradora y se complementarán con la protección contra sobretensiones mediante la instalación de pararrayos autoválvulas, según la Norma UNE-EN 60099.

2.10 Empalmes y terminaciones

En los puntos de conexión se realizarán empalmes y terminaciones, de tal forma que ambos conductores estén compuestos del mismo material, en nuestro caso aluminio. Además, estarán aislados con materiales adecuados a las condiciones de instalación y explotación manteniendo el mismo tipo de aislamiento de los cables de la red a la que se conecten.

Tanto empalmes como terminaciones no deberán disminuir en ningún caso las características eléctricas y mecánicas del cable conectado debiendo cumplirse las siguientes condiciones:

- La conductividad de los cables empalmados no puede ser inferior a la de un solo conductor sin empalmes de la misma longitud.
- El aislamiento del empalme o terminación ha de ser tan efectivo como el aislamiento propio de los conductores.
- Los empalmes y terminaciones deben estar protegidos para evitar el deterioro mecánico y la entrada de humedad.
- Los empalmes y terminaciones deben resistir los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito, así como el efecto térmico de la corriente, tanto en régimen normal como en caso de sobrecargas y cortocircuitos.

Para el caso en que las terminaciones de línea fuesen enchufables, éstas serán apantalladas y de acuerdo con las Normas UNE-EN 50180 y UNE-EN 50181.

2.11 Puesta a tierra

En las redes subterráneas de MT se conectarán a tierra los siguientes elementos:

- Bastidores de los elementos de maniobra y protección
- Apoyos
- Pararrayos autoválvulas
- Pantallas metálicas de los cables

Las pantallas de los cables se conectarán a tierra en los dos extremos de la línea y en ciertos casos especiales puede ser necesario conectar también las pantallas a tierra en los empalmes.



Los elementos que constituyen el sistema de puesta a tierra son:

- Línea de tierra
- Electrodo de puesta a tierra

2.11.1 Línea de tierra

Está constituida por conductores de cobre o su sección equivalente en otro tipo de material. En función de la corriente de defecto y la duración, las secciones mínimas del conductor a emplear por la línea de tierra (sin alcanzar su temperatura máxima) se deducirá según la expresión siguiente:

$$S \geq \frac{I_d}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{t}{\Delta\theta}}$$

En donde:

I_d = Corriente de defecto en amperios ($I_{d,max} = 16 \text{ kA}$)

t = Tiempo de duración de la falta en segundos. ($t = 0,1 \text{ s}$)

$\Delta\theta = 160^\circ\text{C}$ para conductor aislado.

$$\alpha \text{ (para } t \leq 5 \text{ s)} \begin{cases} 12,1 & \text{para conductor de cobre} \\ 8 & \text{para conductor de aluminio} \\ 4,4 & \text{para conductor de acero} \end{cases}$$

En la siguiente tabla se indican las secciones mínimas del conductor.

Sección (mm ²)	Material	Duración de la falta (s)							
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1	2	3
Conductor desnudo	Cu	31	44	54	62	70	99	139	171
	Al	47	67	82	94	105	149	211	258
	Acero	86	121	148	171	192	271	383	469
Conductor aislado	Cu	33	47	57	66	74	105	148	181
	Al	50	71	87	100	112	158	224	274

Se elegirán las secciones normalizadas, de valor igual o inmediatamente superior al calculado, siendo esta sección no inferior a 50 mm² para el cobre o aluminio y 100 mm² para el acero.

Los conductores cumplirán con las Normas UNE EN 50189 para cables de acero y UNE-EN 60228 para cables aislados.

2.11.2 Electrodo de puesta a tierra

Los elementos para la difusión vertical estarán constituidos por picas cilíndricas acoplables de 2 metros de longitud de acero-cobre según UNE 21056, con

un recubrimiento de cobre tipo recocido industrial según UNE 20003 y con un espesor medio mínimo de 0,3 mm. La sección mínima para el anillo será 50 mm².

3 Centro de transformación

El objeto del presente apartado del proyecto es especificar las condiciones que deben cumplir los centros de transformación para el suministro de energía eléctrica en Baja Tensión a la instalación objeto ya citada.

3.1 Características generales

Un centro de transformación es una instalación destinada a la recepción de energía en Alta o Media Tensión (> 1000 V), para entregarla en Baja Tensión. Esta instalación está compuesta por un transformador como elemento principal y unos equipos eléctricos llamados celdas que pueden contener elementos para la maniobra, control o protección de la instalación.

Los centros de transformación dependiendo de su misión y situación en la red eléctrica, se pueden tipificar según su emplazamiento, su propiedad, su alimentación y acometida.

- Atendiendo a su emplazamiento los CT se clasifican en:
 - CT intemperie o aéreo. Habitualmente se constituye de transformadores de poca potencia y suelen ir montados sobre apoyos de hormigón o metálicos. Son económicos desde el punto de vista constructivo.
 - CT de interior. En este tipo de CT existen dos variantes. De superficie, cuando se aloja en un local o área independiente y tienen acceso por la calle, y subterráneo cuando está instalado bajo la vía pública o en el sótano de un edificio.
 - Atendiendo a su acometida los CT se clasifican en:
 - CT con acometida a línea aérea.
 - CT con acometida a cable subterráneo.

- Atendiendo a su alimentación los CT se clasifican en:

- CT alimentado en punta. Es aquel que dispone únicamente de una línea de alimentación y está conectado en red principal o constituye el punto final de la red.
- CT alimentado en paso. Es aquel que esta alimentado en anillo o en bucle. Dispone de una línea de entrada y salida hacia otro centro.
 - Atendiendo a su propiedad los CT se clasifican en:
- CT de empresa. Se denomina así cuando el centro es propiedad de la empresa suministradora, por lo que de aquí parte las redes de distribución de BT.
- CT de cliente. Este CT es propiedad del cliente y la tensión de alimentación está restringida por la compañía suministradora. Existen dos variantes:
 - * CT con equipo de medida en el lado de BT. Suelen ser centros de poca capacidad de potencia.
 - * CT con equipo de medida en el lado de MT. Para aplicaciones de mayor potencia, en la que una parte es propiedad de compañía y el resto propiedad del cliente.

Por tanto, motivados por una creciente demanda del consumo de energía eléctrica y la creciente urbanización del territorio se ha optado por elegir un centro de transformación interior, en particular de superficie, a base de caseta prefabricada con alimentación mediante cable subterráneo de MT.

3.2 Características constructivas de la instalación

El tipo de edificio de transformación elegido es PFU-5 de Ormazabal. Estos centros de transformación son de superficie, de maniobra interior y con utilización de redes de distribución eléctrica de Media Tensión hasta 36 kV. En el que cabe holgadamente el transformador elegido de 400 kVA y utiliza ventilación natural sin necesidad de elementos extra para su ventilación.

Ormazabal diseña este edificio prefabricado según la norma UNE-EN 62271-202 y la reglamentación vigente.

La ventaja principal de este tipo de centros es que tanto la construcción como el montaje industrializado, incluso el equipamiento interior, pueden ser realizados íntegramente en el punto de fabricación.

Esto provoca que la calidad del edificio sea uniforme, totalmente montado y ensayado en fábrica bajo procesos de fabricación controlados, reduciendo los trabajos de obra civil y montaje en el lugar de la instalación. Además, su diseño compacto permite su instalación desde entornos industriales hasta ambientes urbanos.



A continuación, se detallan las características más importantes de los centros de transformación:

- **Envolvente**

Estos centros de envolvente monobloque están compuestos por dos partes rígidas. Una de las partes está formada por el fondo y las paredes con espacios para puertas y rejillas de ventilación natural, y otra parte que conforma el techo. Dispone además de una armadura metálica que le permite la conexión entre sí y al colector

de tierras a través de unos latiguillos de cobre, envolviendo así al centro en una superficie equipotencial.

La resistencia característica de las piezas de hormigón es de 300 kg/cm² y las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente presentando una resistencia de 10 kΩ respecto de la tierra de la envolvente.

Los orificios para la conexión con los cables de MT y BT se sitúan en la parte inferior de las paredes frontal y posterior. Estos son orificios semiperforados, que son abiertos en obra según para la aplicación que sean necesarios. Es preciso el perfecto sellado de los orificios abiertos para evitar posibles entradas o fugas del centro.

- **Accesos**

El centro dispone en la parte frontal del acceso para peatones, las rejillas de ventilación y las puertas del transformador, todas ellas fabricadas en chapa de acero. Las puertas del transformador permiten su fijación en 90° y 180°.

Las puertas de acceso de peatón disponen de elementos de seguridad para evitar aperturas intempestivas a través de dos anclajes de diseño Ormazabal en la parte superior e inferior.

- **Ventilación**

La ventilación natural en el centro provoca la reducción del calentamiento provocado por el transformador principalmente, permitiendo así un mayor aprovechamiento en condiciones óptimas de operación.

Las rejillas de ventilación natural del transformador están situadas en el frontal y la parte trasera del edificio. Tienen la forma de "V" invertida y están diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el CT. Esta rejilla está complementada interiormente con una malla mosquitera que impide la entrada de suciedad o insectos.

- **Acabado**

Este tipo de edificios tiene un acabado de las superficies exteriores en dos colores. Un color amarillo vainilla en las paredes y un color marrón en las puertas, la

cubierta y las rejillas de ventilación. Estas partes metálicas expuestas al agua y al viento llevan un adecuado tratamiento contra la corrosión.

- **Calidad**

El montaje se ejecuta íntegramente en fábrica asegurando así la calidad del proceso y acreditando el certificado de calidad UNESA.

- **Alumbrado**

El edificio dispone de instalaciones de alumbrado y red de tierras las cuales están gobernadas desde el cuadro de Baja Tensión. Los focos luminosos estarán colocados de tal forma que se consiga la máxima uniformidad y seguridad de tal manera que no estén en contacto con otros elementos en tensión.

El interruptor de alumbrado y el alumbrado de emergencia deberán estar situados en las proximidades de las puertas de acceso.

- **Condiciones acústicas**

Se deben tener en cuenta los máximos niveles acústicos de tal forma que el proyectista debe adoptar las medidas necesarias para la transmisión del ruido con forme a la norma RD 1367/2007 y la Ordenanza Municipal correspondiente.

- **Cimentación**

Los centros de transformación se transportan totalmente montados y para su ubicación es necesaria una excavación, que según el centro adoptado variarán sus dimensiones. El fondo de esta excavación estará cubierto por una capa de arena nivelada y compactada, cuyas cotas de profundidad están expuestas en los planos adjuntos según las recomendaciones del fabricante Ormazabal y cumpliendo con la normativa de compañía de Unión Fenosa Distribución.



- **Características detalladas**

Nº de transformadores:	1
Nº reserva de celdas:	1
Tipo de ventilación:	Normal
Puertas de acceso peatón:	2 puertas
Dimensiones exteriores:	
Longitud:	6080 mm
Fondo:	2380 mm
Altura:	3045 mm
Altura vista:	2585 mm
Peso:	17460 kg
Dimensiones interiores	
Longitud:	5900 mm
Fondo:	2200 mm
Altura:	2355 mm
Dimensiones de la excavación	

Longitud:	6880 mm
Fondo:	3180 mm
Profundidad:	560 mm

Estas dimensiones son aproximadas en función de la solución adoptada para el anillo de tierras. Los edificios prefabricados PFU del fabricante Ormazabal se usan en numerosas soluciones de redes de distribución por su sencillez y flexibilidad.

3.3 Características eléctricas de la instalación

Se nombra instalación eléctrica a todos los aparatos y materiales eléctricos que constituyen el CT, tanto los elementos que van a distribuir la energía eléctrica como los elementos de seguridad, protección, iluminación etc.

La aparamenta del centro de transformación prefabricado del presente proyecto consta de:

1. Celda de entrada
2. Celda de salida
3. Transformador trifásico de 400 kVA
4. Celda de reserva
5. Celda de protección
6. Celda de Baja Tensión

3.4 Celdas de Media Tensión

Las celdas de un centro de transformación son un sistema de equipos modulares de reducidas dimensiones para MT, con aislamiento y corte en gas, cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos de unión, consiguiendo una conexión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc.).

Para el caso que nos ocupa, la tecnología usada en la incorporación de celdas es CGMcosmos del fabricante Ormazabal. Este sistema se basa en envolventes modulares metálicas y compactas de reducidas dimensiones que utiliza hexafluoruro

de azufre (SF₆) de acuerdo con la normativa UNE-EN 62271-1 como elemento de corte y extinción de arco.

Los embarrados se conectan a través de unos elementos de unión patentados por Ormazabal denominados ORMALINK, que consigue una conexión apantallada, y la protege totalmente de las condiciones exteriores como pueden ser la polución, la salinidad o posibles inundaciones.

Entre las características principales están:

- La protección y la seguridad de personas y equipos ante arcos internos ensayados conforme a la norma IEC 67221-200.
- La insensibilidad ante frente a entornos agresivos debido a su larga vida útil y su ausencia de mantenimiento por su aislamiento integral.
- Al ser elementos modulares, tiene una gran flexibilidad de configuración.
- Al ser compacta y de peso reducido favorece la manipulación y la instalación.
- La sencillez de operación con enclavamientos en serie y la realización de pruebas en tensión.

3.4.1 Características constructivas de la celda

3.4.1.1 Cuba

La cuba fabricada en acero inoxidable alberga el embarrado, los elementos de maniobra y los elementos de corte. En caso de arco interno, la cuba esta provista de una membrana en la parte trasera que permite la salida de los gases, evitando así el contacto directo del gas con el operario.

La cuba también posee un manómetro que debe marcar entre 1,15 y 1,3 bar para el control de la presión del gas SF₆ y el perfecto sellado según IEC 62271-1. Si este sellado no tiene ninguna incidencia, la cuba puede estar operativa durante más de 30 años sin necesidad de reposición del gas.

3.4.1.2 Base

La base con su altura y diseño soporta todos los elementos que integran la celda y permite el paso de cables sin necesidad de foso. La rigidez mecánica de la

chapa y su galvanizado garantizan una buena resistencia a la deformabilidad y resistencia a la corrosión. En su parte inferior se encuentra el dispositivo de señalización de presencia de tensión y el panel de acceso a los cables y fusibles. En la parte posterior existe una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión con el sistema de tierras y de las pantallas de cables.

Además, lleva un sistema de alarma sonoro de puesta a tierra que se activa cuando se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra.

3.4.1.3 Mecanismos de maniobra

En la parte frontal de la base, en su parte superior se incluye los mecanismos de maniobra que permiten realizar las operaciones de conexión y desconexión en los circuitos de Media Tensión a través de la placa de características, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda y los accionamientos del mando.



3.4.2 Características eléctricas de la celda

3.4.2.1 Interruptor-seccionador-seccionador de puesta a tierra

Integra en un elemento de tres posiciones las funciones de interruptor, seccionador y seccionador de puesta a tierra.

La palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos es la que realiza la actuación de este interruptor. Uno de los ejes es del interruptor, para la conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado y el otro eje es para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida en los que conmuta entre las posiciones de seccionando y puesta a tierra.

3.4.2.2 Mando

Los mandos de actuación están situados en la parte frontal y son accionados de forma manual.

3.4.2.3 Fusibles

Lo llevan incluido las celdas de protección a través de fusibles. Los fusibles son introducidos en el carro portafusibles de resina aislante, perfectamente estancos respecto al gas y del exterior. El disparo de protección se produce por la fusión de uno los fusibles o debido a la excesiva presión en el interior provocada por un sobrecalentamiento o fallo.

3.4.2.4 Conexión

La conexión de cables es realizada desde la parte frontal a través de unos pasatapas estándar.

3.4.2.5 Enclavamientos

Las funciones de los enclavamientos en todas las celdas son:

- Evitar que se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado
- Evitar que se pueda cerrar el aparato principal si el seccionado de puesta a tierra está conectado.

- Evitar que se pueda quitar la parte frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto.
- Evitar que se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

3.4.3 Características descriptivas de las celdas

Para el presente proyecto las celdas elegidas son celdas modulares y compactas con envolvente metálica, aislamiento integral en SF6, que permite configurar diferentes esquemas de distribución eléctrica en Media Tensión hasta 40,5 kV, del fabricante Ormazabal.

3.4.3.1 Celda de línea

ENTRADA/SALIDA

Está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte de gas SF6, que incorpora en su interior, en la parte superior, un embarrado de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con posibilidad de corte, aislamiento y posición de puesta a tierra de los cables de acometida mediante bornas enchufables. Presenta además captadores capacitivos tipo ekorVPIS para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención.

Puede ser extensible por la derecha, izquierda para la acometida de entrada o salida de los cables de Media Tensión. Consta además de un mecanismo de maniobra motorizado tipo BM.

- Características eléctricas:

Tensión asignada:	24 kV
Intensidad asignada:	400 A
Intensidad de corta duración (1 s), eficaz:	16 kA
Intensidad de corta duración (1 s), cresta:	40 kA
Nivel de aislamiento	

- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 28 kV

- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 75 kV
- Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
- Capacidad de corte
- Corriente principalmente activa: 400 A
- Clasificación IAC: AFL
- **Características físicas:**
- Ancho: 365 mm
- Fondo: 735 mm
- Alto: 1740 mm
- Peso: 95 kg



3.4.3.2 Celda seccionamiento de compañía

INTERRUPTOR PASANTE

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, interrumpido por un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, para aislar las partes izquierda y derecha. Puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

- Características eléctricas:

Tensión asignada:	24 kV
Intensidad asignada:	400 A
Intensidad de corta duración (1 s), eficaz:	16 kA
Intensidad de corta duración (1 s), cresta:	40 kA
Nivel de aislamiento	
- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases:	50 kV
- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta):	125 kV
Capacidad de cierre (cresta):	40 kA
Capacidad de corte	
- Corriente principalmente activa:	400 A
Clasificación IAC:	AFL

- Características físicas:

Ancho:	450 mm
Fondo:	735 mm

Alto: 1740 mm

Peso: 105 kg

- **Otras características constructivas:**

Mando interruptor: manual tipo B



3.4.3.3 Celda de protección general

INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE VACÍO

Está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte de gas SF₆, que incorpora en su interior, en la parte superior, un embarrado de cobre, y una derivación con un seccionador rotativo de tres posiciones, y en serie con él, un interruptor automático de corte en vacío, enclavado con el seccionador. La puesta a tierra de los cables de acometida se realiza a través del interruptor automático. La conexión de cables es inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

- **Características eléctricas:**

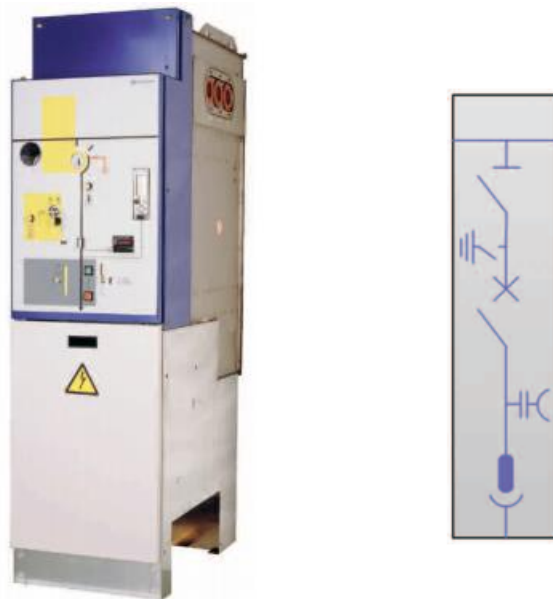
Tensión asignada:	24 kV
Intensidad asignada:	400 A
Nivel de aislamiento	
- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases:	50 kV
- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta):	125 kV
Capacidad de cierre (cresta):	400 A
Capacidad de corte en cortocircuito:	16 kA
Clasificación IAC:	AFL

- **Características físicas:**

Ancho:	480 mm
Fondo:	850 mm
Alto:	1740 mm
Peso:	218 kg

- **Otras características constructivas:**

Mando interruptor automático:	manual RAV
Relé de protección:	ekor.rpg-2001B



3.4.3.4 Celda de medida

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas compañías suministradoras de electricidad.

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de esta, para garantizar la no manipulación de las conexiones.

- **Características eléctricas:**

Tensión asignada: 24 kV

Clasificación IAC: AFL

- **Características físicas:**

Ancho:	800 mm
Fondo:	1025 mm
Alto:	1740 mm
Peso:	165 kg

- **Otras características constructivas:**

Transformadores de medida:

Incorpora 3 TT y 3 TI de aislamiento seco y contruidos atendiendo a las correspondientes normas UNE y CEI, con las siguientes características:

- Transformadores de tensión

Relación de transformación:	22000/V3 / 110/V3 - 110/3 V
Sobretensión admisible en permanencia:	1,2 Un en permanencia y 1,9 Un durante 8 horas

Medida

Potencia:	25 VA
Clase de precisión:	0,5

Protección

Potencia:	50 VA
Clase de precisión:	3P

- Transformadores de intensidad

Relación de transformación:	5 - 10/5 A
Intensidad térmica:	80 In (mín. 5 kA)
Sobreint. admisible en permanencia:	Fs ≤ 5

Medida

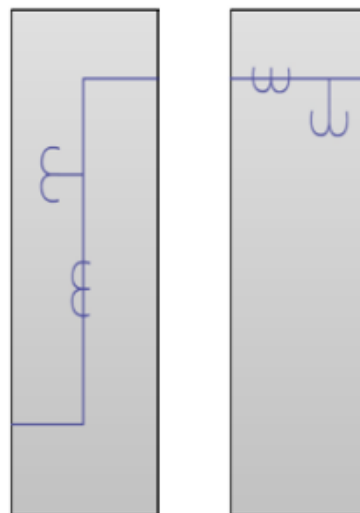
Potencia: 15 VA

Clase de precisión: 0,5 s

Protección

Potencia: 15 VA

Clase de precisión: 5P10



3.5 Transformador

El transformador es un dispositivo eléctrico que permite el aumento o la disminución de la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna bajo un mismo régimen de frecuencia. Esto es posible debido a la acción de un campo magnético formado por dos bobinas de material conductor, aisladas eléctricamente y arrolladas sobre un núcleo de material ferromagnético.

La potencia que ingresa al transformador no es igual a la potencia de salida ya que dentro del equipo se producen pequeñas pérdidas que depende del diseño, el tamaño, especificaciones de los materiales, componentes etc.

3.5.1 Características generales

Para elegir el transformador correcto existen multitud de fabricantes que ofrecen diferentes modelos en función de las necesidades de la instalación.

Una variable para tener en cuenta para elegir un transformador es el tipo de refrigeración externa. Cuando existe una sobrecarga, bien sea por un aumento de la tensión o la corriente que se le aplica, o por la temperatura ambiente en los alrededores del transformador, la parte activa del transformador (el circuito magnético y los arrollamientos) se ve afectada por una elevación de la temperatura, provocando una disminución del rendimiento del transformador y disparando la protección térmica, provocando, si es necesario, la parada del transformador.

Para evitar este efecto, constrictivamente se ha optado por opciones:

- Ventilación Natural

Los transformadores con ventilación natural funcionan bajo el principio de efecto chimenea. El aire caliente es menos denso que el aire frío y éste se eleva de forma natural mezclándose con el aire ambiente. Por ello es habitual colocar una entrada de aire frío en la parte más baja posible del muro de entrada y la salida de aire caliente en la parte más alta del muro puesto.

Una ventilación natural optimizada reduce el calentamiento del transformador, permitiendo obtener del mismo el máximo aprovechamiento. El

sistema de ventilación del transformador está formado por rejillas laterales formadas por lamas con un diseño que evita la entrada de agua de lluvia. Asimismo, tiene un coste más reducido que con la instalación de ventiladores.

La principal desventaja es que no siempre es posible su aplicación en ambientes con gran humedad o alta cantidad de polvo (cementeras).

- Ventilación Forzada

La ventilación forzada implica la instalación de unos ventiladores que permiten refrigerar el transformador ante sobrecargas y sobrecalentamientos. Cuando en la instalación la carga o la temperatura ambiente llegan a ser excesivas, existe una protección térmica que está compuesta de una sonda que mide constantemente la temperatura de las partes activas. Está dimensionada para que responda ante un aumento de la temperatura con respecto a su régimen nominal y es la que da la señal de accionamiento de los ventiladores.

3.5.2 Tipos de transformadores

Otra variable necesaria de analizar, para el nivel de tensión de este proyecto, es el modelo constructivo. Esto se va a justificar a través de la descripción de las características principales de aquellos modelos constructivos más extendidos: transformador en baño de silicona, en baño de aceite mineral y en aislamiento en resina o seco.

3.5.2.1 Transformadores en baño de aceite

Estos transformadores tienen como tipo de elemento refrigerante aceite mineral. Las partes internas del equipo están sumergidas en este material dieléctrico para la disipación del calor producida por el núcleo y para disminuir las pérdidas por el calentamiento.

Las ventajas características de este modelo es su coste económico y su resistencia frente a sobretensiones y sobrecargas. Asimismo, ofrecen un mayor rendimiento que otras alternativas constructivas, son más silenciosos, pueden ser instalados a intemperie y su construcción proporciona alta flexibilidad de diseño.

No obstante, el aceite refrigerante que integra tiene una relativa baja temperatura de inflamación por lo que hay un riesgo de incendio con un elevado desprendimiento de humos. Esto requiere de un coste por mantenimiento pues es necesario efectuarse un control del aceite para el control del proceso de envejecimiento frente al incremento de la temperatura.

La presencia de líquido en su interior requiere de un pozo o depósito colector de capacidad suficiente para la totalidad del aceite del transformador para que en caso de fisuras o rotura, todo quede recogido en su interior lo que conlleva un incremento significativo en el coste de la obra civil.

3.5.2.2 Transformadores en baño de silicona líquida.

Estos transformadores tienen como tipo de elemento refrigerante aceites de siliconas. Presentan buenas propiedades eléctricas las cuales permanecen constantes al aumentar la temperatura. Tiene un punto de inflamación sensiblemente más alto que los aceites de tipo mineral.

Se caracterizan por tener una buena estabilidad al calor y al envejecimiento, por ello es ampliamente aceptado para instalaciones con riesgo de inflamación puesto que tiene una favorable cualidad frente al incendio.

Sin embargo, el coste por equipo es de un 30% o 40 % superior al de transformadores de aceite, además, los transformadores con aceite de silicona líquida son muy higroscópicos y pueden absorber humedad del aire en forma de vapor.

3.5.2.3 Transformadores en seco

Son transformadores cuya tecnología no requiere de líquidos tóxicos o nocivos. Se diferencian por poseer una estabilidad térmica lo que le permite un menor envejecimiento, es decir, una larga vida útil, además de evitar el peligro de incendios.

La estabilidad térmica les permite trabajar con un buen rendimiento, incluso en un 40% superior si es con enfriamiento forzado. Están exentos de mantenimiento.

Desde el punto de vista eléctrico su comportamiento es excelentemente a los cortocircuitos, sin embargo, tiene menor resistencia frente a las sobretensiones. Son compactos y silenciosos por lo que se pueden instalar cerca de los puntos de consumo.

Ofrecen robustez y resistencia por lo que son escogidos en su mayoría para aplicaciones con ambientes agresivos como puede ser la alta presencia de humedad, contaminación, salinidad etc.

Este tipo de transformadores son seguros para el medio ambiente debido a que la ausencia de líquidos contaminantes permite que su actividad se realice sin peligro de fugas, contribuyendo así, a un reciclaje es más sencillo.

La principal desventaja es que posee un mayor coste, en la actualidad del orden del doble y la excesiva contaminación acústica. Igualmente, deben ser instalados dentro de paredes puesto que no permiten ser instalados a la intemperie.

Como puntualización se va a describir el siguiente tipo constructivo por el que se está intentando optar por sus características respetuosas frente al medio ambiente:

3.5.2.4 Transformador integral en aceite vegetal

En la actualidad, se ha desarrollado una nueva alternativa que consiste en la utilización transformadores herméticos de llenado integral en un fluido natural biodegradable formado por aceites vegetales de semillas de colza, soja y girasol.

Entre las características principales de este tipo de aceites están su capacidad térmica y sus propiedades de transmisión de calor las cuales son superiores a las de los aceites minerales convencionales. Esto le permite ser mucho menos inflamable que el aceite mineral habitualmente utilizado.

Triplan la viscosidad respecto a los aceites minerales, aunque en condiciones de operación no es muy relevante. Una mayor viscosidad puede limitar las propiedades de refrigerante del fluido dieléctrico y hacer que se alcancen mayores temperaturas dentro del transformador.

Otra cualidad importante es que son aceites altamente higroscópicos por lo que se produce menor degradación el aceite por oxidación o por absorción de humedad.

Al ser un fluido biodegradable y tener un punto de combustión e inflamación alto se elimina algunas obras civiles como fosos colectores, paredes de barrera y elementos de extinción automática de incendios. Esto permite la reducción considerable del coste económico.

Se debe tener en cuenta que el contacto con el oxígeno de la atmosfera ejerce un efecto negativo disminuyendo las propiedades del dieléctrico, por lo que se ha optado por diseñarlo en sistemas herméticos. Esto permite que puedan ser instalados sin riesgo en sitios en donde normalmente no se concibe su uso pudiendo cumplir estrictas normas ambientales.

Un transformador integral no precisa de mantenimiento y es más compacto por lo que su peso neto es menor.

Como desventaja se puede decir que son transformadores en constante desarrollo y se desconoce su fiabilidad con el tiempo. Esto lleva a que todavía tienen un coste elevado y a una actual falta de aceptación. Otro problema es la falta de experiencia con relación a las concentraciones de gases y a la vida útil del aceite vegetal a largo plazo. Estos aceites se están madurando para convertirse en un adecuado y asequible fluido dieléctrico aislante en un futuro cercano.

Finalmente, este tipo de ésteres naturales es fruto de un compromiso para proteger el medio ambiente ya que una vez los ésteres naturales cumplen su ciclo de vida como dieléctricos, pueden ser reciclados con relativa facilidad en productos alternos como biodiesel y jabón.

3.5.3 Características descriptivas del transformador

Transformador orgánico trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca ORMAZABAL, con neutro accesible en el secundario, de potencia 400 kVA y refrigeración natural éster biodegradable, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío.

- **Otras características constructivas:**

Regulación en el primario:	+/-2.5%, +/-5%, +10%
Tensión de cortocircuito (ξ_{cc}):	4%
Grupo de conexión:	DYN11
Protección incorporada al transformador:	Termómetro
Sistema de recogida de derrames de acuerdo con ITC-RAT 14, apartado 5.1 a).	



DOCUMENTO II

CALCULOS

JUSTIFICATIVOS

ÍNDICE

1	Previsión de la demanda	57
2	Cálculos de los conductores.....	58
2.1	Intensidad máxima admisible	58
2.1.1	Coeficientes de corrección	59
2.2	Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores.....	62
2.2.1	Intensidades de cortocircuito admisibles en las pantallas.....	64
2.3	Caída de tensión	64
3	Cálculos del centro de transformación.....	66
3.1	Intensidad en Media Tensión	66
3.2	Intensidad en Baja Tensión	66
3.3	Cortocircuitos	67
3.3.1	Cortocircuito en el lado de Media Tensión	67
3.3.2	Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.....	67
3.4	Dimensionado del embarrado	68
3.4.1	Comprobación por densidad de corriente	68
3.4.2	Comprobación por sollicitación electrodinámica	68
3.4.3	Comprobación por sollicitación térmica	68
3.5	Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.....	69
3.6	Dimensionado de los puentes de MT.....	70
3.7	Dimensionado de la ventilación del CT	70
3.8	Dimensionado del pozo apagafuegos	71
3.9	Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra	71
3.9.1	Investigación de las características del suelo.....	71
3.9.2	Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto... ..	71
3.9.3	Diseño preliminar de la instalación de tierra	72
3.9.4	Cálculo de la resistencia del sistema de tierra	72
3.9.5	Cálculo de las tensiones de paso en el interior	75

3.9.6	Cálculo de las tensiones de paso en el exterior	76
3.9.7	Cálculo de las tensiones aplicadas	76
3.9.8	Investigación de las tensiones transferibles al exterior	77
3.9.9	Corrección y ajuste del diseño inicial	79

1 Previsión de la demanda

Para el cálculo de la previsión de la demanda y el posterior dimensionamiento del centro de transformación, se utilizará el Reglamento Electrotécnico Para Baja Tensión, en concreto la ITC-BT-10, “previsión de cargas para suministros en baja tensión”.

A través de esta instrucción, el emplazamiento escogido se puede clasificar como edificios destinados a una concentración de industrias. De esta forma se puede calcular la potencia prevista considerando como mínimo de 125 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 10.305 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

En la ubicación proporcionada por el cliente obtenemos:



Como se observa en la imagen, existe una superficie de 80 m de largo por 33 metros de ancho. Por tanto, la superficie es la siguiente:

$$S = 80 \cdot 33 = 2640 \text{ m}^2$$

Conforme a lo indicado en la ITC-BT-10, cuando desconocemos la potencia demandada se utilizará como potencia de cálculo 25 W/m^2 de esta forma obtenemos:

$$P = 2640 \cdot 125 = 330 \text{ kW}$$

Con la potencia activa, obtenemos la potencia aparente considerando un factor de potencia de 0.85, habitual en instalaciones industriales:

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{330}{0.85} = 338.235 \text{ kVA}$$

Con este valor y comprobando el catálogo de transformadores del fabricante elegido, Ormazábal, el transformador que cumplirá con estos requisitos es un transformador de 400 kVA.

2 Cálculos de los conductores

Para la determinación de la sección de los conductores, se determinará el cálculo a través de tres consideraciones:

- Intensidad máxima admisible por el cable en servicio permanente.
- Intensidad máxima admisible en cortocircuito durante un tiempo determinado.
- Caída de tensión

2.1 Intensidad máxima admisible

Con el objetivo de cumplir con la norma UNE 21144 “Cables eléctricos y cálculo de la intensidad admisible” y no superar la temperatura máxima asignada en la instalación, será necesario calcular y justificar la intensidad máxima permanente del conductor. Esto es debido a que esta intensidad dependerá de las características de la instalación, condiciones de funcionamiento, tipo de aislamiento, etc.

En la siguiente tabla se muestran las temperaturas máximas en servicio permanente admisibles de los conductores y en cortocircuito, para un aislamiento seco en polietileno reticulado XLPE escogido por la compañía y sacado de la ITC-LAT-06.

Tipo de aislamiento seco	Tipo de condiciones	
	Servicio Permanente θ_s	Cortocircuito θ_{cc} ($t \leq 5 \text{ s}$)
Polietileno reticulado (XLPE)	90	250

Serán permitidos otros valores de intensidad máxima siempre y cuando cumplan con los valores actualizados de la normativa aplicable.

Ciertas peculiaridades afectan al valor máximo de intensidad admisible. Por lo tanto, a continuación, se muestran estas particularidades para el caso que nos afecta, conductores enterrados en zanjas en el interior de tubos.

Las particularidades que existen para conductores al aire, instalados en galería o directamente enterrados no se exponen puesto que no forman parte de este proyecto. Cabe mencionar que la resistividad térmica media del terreno depende de las condiciones climatológicas del entorno.

Para el cálculo de las intensidades máximas admisibles que se muestran en las posteriores tablas, se ha considerado:

- Una única terna de cables unipolares en el interior de tubo.
- Enterrados a la profundidad de 1 m (hasta la parte superior del tubo).
- Temperatura del terreno de 25 °C.
- Temperatura ambiente de 40 °C.
- Resistividad térmica del tubo $3.5 \text{ K} \cdot \text{m/W}$
- Resistividad térmica del terreno $1.5 \text{ K} \cdot \text{m/W}$

En caso particular, se deberá instalar como máximo una terna de cables unipolares por tubo, considerando el diámetro interior del tubo sea superior a 1,5 veces el diámetro equivalente de la terna de cables unipolares.

Para el caso de ternas de cables unipolares enterrados en zanja en el interior de tubos que no supere 15 m de longitud, es posible rellenarlo con aglomerado para no aplicar ningún coeficiente de corrección de intensidad.

2.1.1 Coeficientes de corrección

En el caso de que las condiciones reales de instalación sean distintas a las ya mencionadas, se deberá aplicar con los siguientes factores de corrección:

- Cables enterrados en terrenos con temperatura distinta a 25 °C.

Los datos que se muestran en la siguiente tabla, son los factores de corrección para la intensidad máxima admisible cuando la temperatura del terreno es distinta de 25 °C en función de la temperatura máxima asignada al conductor.

Temperatura Servicio Permanente $\theta_s=90$ (°C)	
Temperatura del terreno θ_t (°C)	Factor de corrección
10	1,11
15	1,07
20	1,04
25	1,00
30	0,96
35	0,92
40	0,88
45	0,83
50	0,78

- Cables enterrados en terrenos con resistividad térmica distinta de 1.5 °K·m/W.

Como ya se mencionó, la resistividad térmica del terreno depende de las condiciones climatológicas del entorno como puede ser el tipo de terreno o la humedad, siendo mayor cuando más seco sea el terreno.

En la siguiente tabla se muestran varios valores de resistencias térmicas en función de su naturaleza y grado de humedad.

Resistividad térmica del terreno (°K·m/W)	Naturaleza del terreno y grado de humedad
0,40	Inundado
0,50	Muy húmedo
0,70	Húmedo
0,85	Poco húmedo
0,90	Hormigón
1,00	Seco
1,20	Arcilloso muy seco
1,50	Arenoso muy seco
2,00	De piedra arenisca
2,50	De piedra caliza
3,00	De piedra granítica

En la siguiente tabla se muestran los factores de corrección de la intensidad máxima admisible para distintas resistividades térmicas.

Sección del conductor (mm ²)	Resistividad térmica del terreno (°K·m/W)						
	Una terna por tubo enterrada						
	0,80	0,90	1	1,50	2,00	2,50	3
95	1,14	1,12	1,09	1	0,93	0,87	0,82
150	1,14	1,12	1,09	1	0,93	0,87	0,82
240	1,15	1,12	1,10	1	0,92	0,86	0,81

- Cables enterrados a distintas profundidades

En la siguiente tabla se muestran los factores de corrección de la intensidad máxima admisible para profundidades de instalación distintas de 1m. En nuestro caso, como se considera una profundidad de 1 m, el factor de corrección es 1 y no afecta.

Profundidad de instalación (m)	Sección (mm ²) de cables directamente enterrados		Sección (mm ²) de cables enterrados bajo tubo	
	95 y 150	240	95 y 150	240
0,60	1,04	1,07	1,04	1,06
0,80	1,02	1,03	1,02	1,03
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,20	0,98	0,98	0,98	0,98

- Agrupamiento de cables enterrados

Únicamente se instalará una terna de cables enterrados en tubo por lo que se excluye este factor de corrección.

Una vez analizados los posibles factores de corrección, se deberá calcular la corriente máxima permanente que el cable debe transportar, teniendo en cuenta la potencia que va a transmitir y la tensión de trabajo nominal. Por tanto, para el caso analizado en el presente proyecto la intensidad de la línea será:

$$I_L = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Donde:

S Potencia transportada [kVA].

U Tensión compuesta de la línea [kV].

$$I_L = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 20} = 11,55 \text{ A}$$

Como se puede observar, se ha considerado las características estándar por lo que los coeficientes aplicados son igual a 1 y la corriente de la línea no se modifica.

La siguiente tabla es un resumen de la tabla 12 del ITC-LAT-06 de intensidades máximas admisibles en servicio permanente, con corriente alterna y cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV tubo para el caso objeto de nuestro estudio:

Sección del conductor XLPE (mm ²)	I máx. (A)	
95	207	190
150	267	245
240	352	320

En la tabla anterior, no están todas las secciones disponibles pues la compañía solamente desea disponer de estas secciones normalizadas para tensiones de 20 kV. De esta manera, con el dato de corriente y entrando en la tabla, el valor de sección que le corresponde es de 95 mm².

2.2 Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores

Es la intensidad que no disminuye las características de aislamiento, incluso después de un elevado número de cortocircuitos. Se calcula aceptando que el calentamiento de los conductores se realiza en un sistema adiabático y para una temperatura máxima del aislamiento de 250 °C.

Con la norma UNE 21192 “Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático”, contempla una expresión para calcular las intensidades máximas de cortocircuito admisibles. Para la aplicación con cables de aluminio y aislamiento XLPE la expresión es la siguiente:

$$I_{cc}^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2 \cdot \ln \left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)$$

Donde:

I_{cc} Intensidad máxima de cortocircuito (valor eficaz) calculada en una hipótesis adiabática.

T Duración del cortocircuito en s

S Sección nominal en mm²

$$K = 148 A \cdot s^{0.5} / mm^2$$

$$\beta = 228 K$$

$\theta_f = 250 \text{ } ^\circ\text{C}$ Temperatura final

$\theta_i = 90 \text{ } ^\circ\text{C}$ Temperatura inicial

En la siguiente tabla se muestran las intensidades máximas admisibles de cortocircuito (kA) para diferentes tiempos de duración del cortocircuito en los conductores. Se va a considerar que el tiempo de disparo de las protecciones es en 0.3s.

Sección (mm ²)	Duración del cortocircuito (s)									
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
95	28,4	20,1	16,4	12,7	11,6	9,0	7,3	6,3	5,7	5,2
150	44,8	31,7	25,8	20,0	18,3	14,2	11,6	10,0	9,0	8,2
240	71,7	50,7	41,4	32,1	29,3	22,7	18,5	16,0	14,3	13,1

La siguiente expresión se utilizará para el cálculo de las corrientes de cortocircuito que se esperan en la red:

$$I_L = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Donde:

S_{cc} Potencia de cortocircuito de la red [kVA].

U Tensión compuesta de la línea [kV].

La potencia de cortocircuito es un valor facilitado por la compañía y para el caso proyectado es de 500 MVA.

$$I_L = \frac{500 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 20} = 14.43 \text{ kA}$$

Se puede observar en la tabla que para un tiempo de despeje de la falta de 0.3 s según compañía cualquiera de las tres secciones es válida.

2.2.1 Intensidades de cortocircuito admisibles en las pantallas

A través de la norma UNE 21192, se ha calculado la intensidad de cortocircuito admisible en una pantalla de hilos de cobre arrollados helicoidalmente. Se ha tenido en cuenta las hipótesis de calentamiento no adiabático, para una temperatura inicial de 70 °C y una temperatura máxima después del cortocircuito de 180 °C.

En la siguiente tabla se muestran las intensidades máximas admisibles de cortocircuito (kA) para diferentes tiempos de duración del cortocircuito en las pantallas.

Sección (mm ²)	Duración del cortocircuito (s)									
	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
16	6,5	4,6	3,8	2,9	2,7	2,1	1,7	1,5	1,4	1,3

2.3 Caída de tensión

La caída de tensión es un valor que rara vez es dominante para determinar la sección de los conductores de Media Tensión subterránea, a menos que se trate de líneas de gran longitud, pero se calcularán para comprobar que su valor no supera los límites que se establecen.

La caída de tensión por resistencia y reactancia de una línea viene dada por la siguiente expresión:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \cdot l$$

Donde:

ΔU	Caída de tensión [V].
I	Intensidad de la línea [A].
R	Resistencia del conductor [Ω/km] (máx. a 90°C).
X	Reactancia inductiva [Ω/km].
l	Longitud de la línea [km].

Los valores de resistencia y reactancia se obtienen de las tablas que ofrece el fabricante para una frecuencia de 50 Hz. Estas tablas se adjuntarán en el apartado de anexos.

Así pues, utilizando los valores conocidos U , R , X y φ tendremos:

Sección nominal (mm ²)	Resistencia máxima a 90°C (Ω/km)	Reactancia inductiva (Ω/km)	ΔU	ΔU (%)
95	0,430	0,125	0,6463957	0,00323198
150	0,277	0,117	0,4461839	0,00223092
240	0,168	0,119	0,29757452	0,00148787

La compañía de distribución establece una caída de tensión máxima permitida del 5%. Como era de esperar, se puede ver que las caídas de tensión son casi nulas al ser corta la longitud de la línea de media tensión (78 m).

3 Cálculos del centro de transformación

En este apartado se desarrollará el cálculo de las intensidades de Media Tensión en el primario y de Baja Tensión en el secundario de un transformador.

3.1 Intensidad en Media Tensión

La intensidad primaria de un transformador trifásico tiene la siguiente expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Donde:

S	Potencia del transformador [kVA]
U_p	Tensión primaria [kV]
I_p	Intensidad primaria [A]

Siendo para nuestro caso particular la tensión primaria de alimentación de 20 kV y la potencia del transformador de 400 kVA:

$$I_p = 11.5 \text{ A}$$

3.2 Intensidad en Baja Tensión

La intensidad secundaria de un transformador trifásico tiene la siguiente expresión:

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

Donde:

- S	Potencia del transformador [kVA]
- U_p	Tensión secundaria [kV]
- I_s	Intensidad secundaria [A]

Siendo para nuestro caso la tensión secundaria de 420 V en vacío y la potencia del único transformador de 400 kVA:

$$I_s = 549,9 \text{ A}$$

3.3 Cortocircuitos

Para el cálculo de las intensidades de cortocircuitos se debe de tener en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de Media Tensión. Este es un dato proporcionado por la compañía suministradora. Unión Fenosa Distribución define un valor de 500 MVA.

3.3.1 Cortocircuito en el lado de Media Tensión

La expresión para el cálculo de la intensidad de cortocircuito de la instalación en el lado de Media Tensión es:

$$I_{cc}^p = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Donde:

- S_{cc} Potencia de cortocircuito de la red [kVA]
- U_p Tensión primaria [kV]
- I_{cc}^p Intensidad de cortocircuito primaria [A]

Siendo 500 MVA el valor de la potencia de cortocircuito de la red y 20 kV la tensión primaria del transformador:

$$I_{cc}^p = 14,4 \text{ kA}$$

3.3.2 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

Para los cortocircuitos secundarios se va a considerar que la potencia de cortocircuito es la del transformador siendo así, más conservadores que en las consideraciones reales.

La expresión para el cálculo de la intensidad de cortocircuito de la instalación en el lado de Baja Tensión es:

$$I_{cc}^s = \frac{100 \cdot S_{TRAFO}}{\sqrt{3} \cdot \varepsilon_{cc} \cdot U_s}$$

Donde:

- S_{TRAFO} Potencia del transformador [kVA]
- ε_{cc} Tensión porcentual de cortocircuito del transformador
- U_s Tensión secundaria [kV]
- I_{cc}^s Intensidad de cortocircuito secundaria [A]

Siendo la potencia del transformador de 400 kVA, la tensión de cortocircuito del transformador del 4% y la tensión secundaria de 420 V en vacío:

$$I_{cc}^s = 13,7 \text{ kA}$$

3.4 Dimensionado del embarrado

Las celdas del fabricante Ormazabal se han sometido a ensayos para certificar los valores que se indican en la placa de características, por lo que no se realizarán cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de las celdas.

3.4.1 Comprobación por densidad de corriente

Esta comprobación tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado puede conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima en régimen permanente.

Dado que se utilizan celdas en envolvente metálica aisladas en SF6 conforme a la normativa vigente, lo indicado se garantiza para la intensidad asignada de 400 A.

3.4.2 Comprobación por sollicitación electrodinámica

Esta comprobación tiene como objeto verificar que los elementos conductores de las celdas de este proyecto son capaces de soportar el esfuerzo mecánico derivado de un cortocircuito entre fases.

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora como 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito, por lo que:

$$I_{cc}^{din} = 36,1 \text{ kA}$$

3.4.3 Comprobación por sollicitación térmica

Esta comprobación tiene por objeto demostrar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparatación por la aparición de un defecto o cortocircuito.

La comprobación se realiza preferentemente mediante ensayos según la normativa en vigor. La intensidad considerada para este caso es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{cc}^{ter} = 14,4 \text{ kA}$$

3.5 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

El transformador es el elemento más importante de la instalación. Es por ello por lo que está protegido a ambos niveles de tensión. En Alta Tensión la protección se efectúa mediante las celdas asociadas a esos transformadores y en Baja Tensión, la protección se incorpora en los cuadros eléctricos de las líneas de salida.

- Transformador

La protección de este transformador se realiza por medio de una celda de interruptor automático, que proporciona todas las protecciones al transformador, bien sea por sobrecargas, faltas a tierra o cortocircuitos, gracias a la presencia de un relé de protección. En caso contrario, se utilizan únicamente como elemento de maniobra de la red. El interruptor automático posee capacidad de corte tanto para las corrientes nominales, como para los cortocircuitos antes calculados.

- Termómetro

El termómetro verifica que la temperatura del dieléctrico del interior del transformador no supera los valores máximos admisibles.

- Baja tensión

La protección de las salidas de Baja Tensión del C.T. no es objeto de este proyecto.

3.6 Dimensionado de los puentes de MT

Los cables descritos en esta memoria que se utilizan en esta instalación deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 11,5 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable. Este valor es de 235 A para un cable de sección de 95 mm² de Al según el fabricante.

3.7 Dimensionado de la ventilación del CT

Se utiliza la siguiente expresión para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en el edificio:

$$S_r = \frac{W_{Cu} + W_{Fe}}{0.24 \cdot K \cdot \sqrt{h} \cdot \Delta T^3}$$

Donde:

- W_{Cu} Pérdidas en el cobre del transformador [KW].
- W_{Fe} Pérdidas en el hierro del transformador [KW].
- K Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada [entre 0,35 y 0,40]
- h Distancia vertical entre las rejillas de entrada y salida.
- ΔT Aumento de temperatura del aire [según recomendación UNESA 15°C]
- S_r Superficie mínima de las rejillas de entrada [m²]

No obstante, aunque esta expresión es aplicable a todos los edificios prefabricados de Ormazábal, se considera de interés la realización de ensayos de homologación de los Centros de Transformación. En este caso el edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 97624-1-E, para ventilación de transformador de potencia hasta 1000 kVA.
- 960124-CJ-EB-01, para ventilación de transformador de potencia hasta 1600 kVA.

3.8 Dimensionado del pozo apagafuegos

Al no haber transformadores de aceite como refrigerante, no es necesaria la existencia de pozos apagafuegos.

3.9 Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra

3.9.1 Investigación de las características del suelo

El Reglamento de Alta Tensión indica que, para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no es imprescindible realización de la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Se estima que según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, la resistividad media en 150 Ohm·m.

3.9.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante impedancias o resistencias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o valores de impedancias.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad. Puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Además, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

Dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura. Estos son valores indicados por la compañía eléctrica.

3.9.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del CT, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

3.9.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio: $U_r = 20 \text{ kV}$
- Limitación de la intensidad a tierra $I_{dm} = 1000 \text{ A}$

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

- $V_{bt} = 10000 \text{ V}$

Características del terreno:

- Resistencia de tierra $R_o = 150 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- Resistencia del hormigón $R'o = 3000 \text{ Ohm}$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad el defecto salen de:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt}$$

donde:

I_d	Intensidad de falta a tierra [A].
R_t	Resistencia total de puesta a tierra [Ohm].
V_{bt}	Tensión de aislamiento en Baja Tensión [V].

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = I_{dm}$$

donde:

I_{dm} Limitación de la intensidad de falta a tierra [A].

I_d Intensidad de falta a tierra [A].

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$$I_d = 1000 \text{ A}$$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

$$R_t = 10 \text{ Ohm}$$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una K_r más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o}$$

donde:

R_t Resistencia total de puesta a tierra [Ohm].

R_o Resistividad del terreno en [Ohm·m].

K_r Coeficiente del electrodo.

Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

$$K_r \leq 0.0667$$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 70-40/8/82
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 7.0x4.0 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,8 m

- Número de picas: ocho
- Longitud de las picas: 2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia $K_r = 0,066$
- De la tensión de paso $K_p = 0,0101$
- De la tensión de contacto $K_c = 0,0294$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto

Para que no aparezcan tensiones de contacto interiores ni exteriores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra de este.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_o$$

donde:

K_r Coeficiente del electrodo

R_o Resistividad del terreno en [Ohm·m]

R'_t Resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

por lo que para el Centro de Transformación:

$$R'_t = 9,9 \text{ Ohm}$$

y la intensidad de defecto real, tal y a partir de la fórmula:

$$I_d = I_{dm}$$

$$I'_d = 1000 \text{ A}$$

3.9.5 Cálculo de las tensiones de paso en el interior

Cuando se adopta las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'_d = R'_t \cdot I'_d$$

donde:

R'_t Resistencia total de puesta a tierra [Ohm].

I'_d Intensidad de defecto [A].

V'_d Tensión de defecto [V].

por lo que en el Centro de Transformación:

$$V'_d = 9900 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d$$

donde:

K_c Coeficiente.

R_o Resistividad del terreno en [Ohm·m].

I'_d Intensidad de defecto [A].

V'_c Tensión de paso en el acceso [V].

por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$V'_c = 4410 \text{ V}$$

3.9.6 Cálculo de las tensiones de paso en el exterior

Cuando se adoptan las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d$$

donde:

K_p	Coeficiente.
R_o	Resistividad del terreno en [Ohm·m].
I'_d	Intensidad de defecto [A].
V'_p	Tensión de paso en el exterior [V].

por lo que, para este caso:

$$V'_p = 1515 \text{ V en el Centro de Transformación}$$

3.9.7 Cálculo de las tensiones aplicadas

Centro de Transformación

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

$$t = 0.7 \text{ s}$$

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = 10 \cdot V_{ca} \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot R_o}{1000} \right)$$

donde:

V_{ca}	Valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta
R_o	Resistividad del terreno en [Ohm·m]
R_{a1}	Resistencia del calzado, superficies de material aislante. [Ohm]

por lo que, para este caso

$$V_p = 6313 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$V_{p(acc)} = 10 \cdot V_{ca} \left[1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot R_0 + 3 \cdot R'_0}{1000} \right]$$

Donde:

V_{ca} Valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta.

R_0 Resistividad del terreno [Ohm·m].

R'_0 Resistencia del hormigón [Ohm].

R_{a1} Resistencia del calzado, superficies de material aislante [Ohm].

por lo que, para este caso

$$V_{p(acc)} = 15461.5 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$V'_p = 1515 \text{ V} < V_p = 6313 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$V'_c = 4410 \text{ V} < V_{p(acc)} = 15461.5 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$V'_d = 9900 \text{ V} < V_{bt} = 10000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$I_a = 50 \text{ A} < I_d = 1000 \text{ A} < I_{dm} = 1000 \text{ A}$$

3.9.8 Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio (evitando así que afecten a los usuarios) debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_o \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi}$$

donde:

R_o	Resistividad del terreno en [Ohm·m].
I'_d	Intensidad de defecto [A].
D	Distancia mínima de separación [m].

Para este Centro de Transformación en particular:

$$D = 23,87 \text{ m}$$

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

- Identificación:	5/22 (según método UNESA)
- Geometría:	Picas alineadas
- Número de picas:	dos
- Longitud entre picas:	2 metros
- Profundidad de las picas:	0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

$$K_r = 0.201$$

$$K_c = 0.0392$$

El criterio de selección de la tierra de servicio, es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37 Ohm.

$$R_{t.serv} = K_r \cdot R_o = 0,201 \cdot 150 = 30,15 < 37 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

3.9.9 Corrección y ajuste del diseño inicial

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

De igual manera, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas. Esto es, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "Kr" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

DOCUMENTO III

**PLIEGO DE
CONDICIONES**

ÍNDICE

1	PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.....	83
1.1	Generalidades	83
1.2	Seguridad en el trabajo	83
1.3	Seguridad pública	84
1.4	Organización del trabajo	84
1.4.1	Datos de la obra	84
1.4.2	Replanteo de la obra	84
1.4.3	Condiciones generales.....	85
1.5	Planificación y coordinación.....	86
1.6	Acopio de materiales.....	86
1.7	Inspección y medidas previas al montaje	86
1.8	Planos, catálogos y muestras	87
1.9	Energía eléctrica y agua	87
1.10	Ruidos y vibraciones.....	87
1.11	Accesibilidad.....	88
1.12	Identificación.....	88
1.13	Recepción provisional	89
1.14	Periodos de garantía	90
1.15	Recepción definitiva	90
1.16	Permisos	90
1.17	Entrenamiento	90
1.18	Repuestos, herramientas y útiles específicos	91
1.19	Subcontratación de las obras	91
1.20	Riesgos.....	91
1.21	Rescisión del contrato	92
1.22	Pago de obra	92
1.23	Abono de materiales acopiados.....	93

1.24	Disposición final	93
2	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	94
2.1	Línea subterránea.....	94
2.1.1	Trazado	94
2.1.2	Canalizaciones	95
2.2	Centro de transformación	95
2.2.1	Generalidades.....	95
2.2.1.1	Medios	95
2.2.1.2	Rechazo de los materiales	95
2.2.2	Edificio prefabricado	96
2.2.3	Aparamenta de Media Tensión	96
2.2.4	Transformadores de potencia	97
2.2.5	Equipos de medida	97
2.2.5.1	Puesta en servicio	97
2.2.5.2	Separación de servicio	98
2.2.5.3	Mantenimiento.....	98
2.2.6	Normas de ejecución de las instalaciones.....	98
2.2.7	Pruebas reglamentarias.....	98
2.2.8	Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad	99
2.2.9	Certificados y documentación	99
2.2.10	Libro de órdenes.....	100

1 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.1 Generalidades

El presente documento determina las condiciones mínimas para la ejecución de las obras, en el que se desarrolla aspectos referentes al suministro e instalación de materiales en obra y cuyo fin es terminar una instalación mediante los requisitos que en este documento se exponen.

1.2 Seguridad en el trabajo

El plan de seguridad y trabajo tiene que ser presentado por el instalador junto con la aprobación del técnico encargado de la dirección de obra.

Las condiciones de seguridad deben incluir tanto el mantenimiento de máquinas, herramientas o demás materiales como las operaciones y procesos que vayan a tener lugar, todo esto enmarcado bajo la correspondiente normativa y demás documentos normativos de aplicación.

Los operarios que trabajen con equipos en tensión o en sus proximidades, deberán usar ropa carente de accesorios metálicos, así como de intentar en la medida de lo posible el uso de materiales conductores.

Todo operario tiene por obligación el uso de todos los medios disponibles para la protección personal. Esto puede ser desde el uso de herramientas y accesorios de seguridad exigidos, así como de prendas dispuestas para ello (calzado aislante, gafas, casco...). Todo esto con el fin de evitar o eliminar riesgos profesionales.

Cuanto el personal de trabajo no cumpla con los requisitos de seguridad exigidos, el director de obra puede suspender los trabajos si así lo estima oportuno. Esto puede ser ante la imprudencia de algún operario que pusiera en peligro su integridad física o la de sus compañeros. En tal caso, mediante un escrito, se exigirá al instalador el cese de la obra o de algún obrero.

1.3 Seguridad pública

Es responsabilidad del instalador cualquier accidente que la ejecución de las obras pueda ocasionar. Por ello se deberá tomar todas las precauciones que se consideren oportunas para la protección de personas, animales y cosas.

En obligatorio por tanto que el instalador disponga de una póliza de seguros frente a responsabilidades por daños que la ejecución de la obra pudiera ocasionar que cubra su persona, así como la de sus empleados y cualquiera que estuviera bajo su responsabilidad.

1.4 Organización del trabajo

La organización es fundamental a la hora de ejecutar los trabajos. Por ello el director de obra pondrá especial dedicación para que todos los trabajos se ejecuten de la forma más eficaz. A continuación, se indican una serie de condiciones imprescindibles el cuanto a la organización del trabajo:

1.4.1 Datos de la obra

Los datos de la obra serán entregados al instalador a través de una copia del documento planos y copia del pliego de condiciones del proyecto.

Se entregará asimismo el original el cual la conservación queda bajo responsabilidad del instalador. Este deberá conservarlos debidamente, así como de su devolución al director de obra al finalizar las obras.

El instalador deberá en la medida de lo posible alterar, corregir, adicionar u omitir datos fijados. Cualquier tipo de modificación siempre deberá ser aprobada por el director de obra.

1.4.2 Replanteo de la obra

Antes del inicio de las obras, el director de obra deberá hacer un replanteo en el que se preste especial atención a los puntos singulares. Estos se deberán documentar indicando sus referencias y entregar al instalador junto con el proyecto. Los gastos de replanteo serán de cuenta del instalador.

Finalmente, se levanta un acta por duplicado en la que se constata los datos entregados. Estos datos deberán ir firmados por ambas partes, instalador y director de obra.

1.4.3 Condiciones generales

De acuerdo con las características de equipos y materiales, se suministrarán por parte del instalador lo indicado en los planos. En el caso de posibles diferencias se sigue lo indicado a continuación:

- En caso de discrepancias en cuanto a cantidades entre plano y presupuesto, siempre prevalecerá lo indicado en los planos.
- En caso de discrepancias en cuanto a calidades, el pliego de condiciones tendrá preferencia sobre cualquier otro.
- En caso de dudas sobre cualquier interpretación técnica de cualquiera de los documentos técnicos, prevalecerá el criterio del director de obra.

Los materiales y equipos que se empleen en la ejecución de la obra serán suministrados por el instalador. Deberán ser nuevos y de la calidad que exige este pliego de condiciones. La aplicación de la oferta incluye:

- Transporte de los materiales a pie de obra.
- Mano de obra para el montaje de materiales y equipos, así como la puesta en marcha.
- Suministro de herramientas, instrumentos de medida y demás utensilios.
- Contratación de personal competente.

Será responsabilidad del instalador contratar a un técnico competente el cual será el encargado de la supervisión y gestión de las obras, así como de representar ante la dirección de obra las labores y procedimientos de los trabajos.

La dirección de obra será en todo momento la que valore la evolución del técnico responsable, para la continuación o la cesión de las labores sin que el instalador pueda alegar.

1.5 Planificación y coordinación

El instalador, tras quince días de la adjudicación de la obra, deberá presentar unos documentos en los que se detalle los plazos de ejecución y las siguientes partidas:

- Planos definitivos, acopio de materiales y replanteo.
- Montaje y pruebas de redes de alimentación, electricidad y PCI.
- Montaje de cuadros eléctricos, equipos de control, alumbrado y fuerza, sistemas PCI.
- Ajustes, puestas en marcha y pruebas finales.

Una vez el instalador tenga conocimiento de las fechas de acopio de materiales y equipos, se procederá a fijar las fechas de las distintas fases de la obra junto con la dirección de obra. Esta además deberá conreinarsen con los demás instaladores.

1.6 Acopio de materiales

Una vez recibidos los materiales, el instalador es el responsable de la gestión del almacenamiento, así como de su conservación.

Se deberá almacenar eficazmente de acuerdo con el orden de llegada y de acuerdo con el plan de obra simultáneamente, y protegidos en todo momento contra inclemencias del tiempo o cualquier tipo efecto que pueda disminuir la calidad los materiales.

Todos los materiales quedan bajo responsabilidad del instalador. La dirección de obra tendrá acceso prioritario para un reconocimiento previo de la calidad de los materiales y rechazar aquellos que no cumplan con los requisitos de calidad exigidos.

1.7 Inspección y medidas previas al montaje

El instalador antes de comenzar los trabajos de montaje deberá cerciorarse que todos los elementos de la instalación corresponden a lo indicado en el proyecto (dimensiones, medidas, conducciones ...).

Cuando exista una contradicción con lo expuesto en los planos, el instalador deberá notificar a la dirección de obra las oportunas rectificaciones realizadas de acuerdo a la normativa vigente.

1.8 Planos, catálogos y muestras

Los planos de este proyecto son documentos de indicaciones de la disposición general del sistema. En ningún caso deberán ser considerados como documentos de carácter ejecutivo.

El instalador deberá examinar atentamente la situación exacta de los equipos junto con las condiciones que se han detallado en el documento correspondiente. Deberá comprobar que lo expuesto con la situación real no sea contradictoria. En caso de conflicto, la dirección de obra será la encargada de remediarlo.

El instalador realizará un documento para la dirección de obra donde indique tanto los dibujos de detalle, como dimensiones, conexiones y demás información. Este documento puede ser sustituido por algún folleto o catálogo del fabricante siempre y cuando la información que muestre cumpla con las exigencias.

Este documento será entregado a la dirección de obra lo antes posible para favorecer el avance de las labores y así evitar entorpecer a otros instaladores. La aprobación de este documento permite la iniciación de los trabajos. Este documento no exime al instalador de responsabilidad en cuanto al funcionamiento.

1.9 Energía eléctrica y agua

El instalador deberá dar a conocer con antelación sus necesidades de potencia eléctrica y consumos de agua. Los gastos derivados del consumo eléctrico y de agua para el montaje, pruebas y puesta en marcha están a cargo de la parte interesada (propietario).

1.10 Ruidos y vibraciones

El ruido de la maquinaria utilizada deberá producir el menor ruido posible y siempre por debajo de los niveles exigidos por la ordenanza municipal. En caso de superar estos niveles se deberá instalar accesorios que limiten estos niveles de ruido.

conforme a lo indicado por el fabricante e informado a la dirección de obra de este suceso.

Asimismo, en conexiones entre canalizaciones o en partes móviles de equipos se deberá prestar mayor atención mediante el uso de accesorios flexibles que eviten la propagación de vibraciones.

1.11 Accesibilidad

La dirección de obra deberá ofrecer al instalador las necesidades de espacio de equipos y materiales para la realización de las obras. Asimismo, deberá coordinar los trabajos con otros instaladores que tengan que realizar trabajos en el mismo emplazamiento.

El instalador deberá realizar sus trabajos de acuerdo con el plan de obra, responsabilizándose de los gastos extras ocasionados cuando se tenga que modificar algún cambio por incumpliendo del plan de obra.

La dirección de obra deberá conocer en todo momento el emplazamiento exacto de los elementos instalados (instalaciones ocultas, compuertas, tuberías...) y documentarlo para poder acceder a esa información en cualquier momento. El instalador deberá suministrar esta información con suficiente antelación.

1.12 Identificación

Todos los equipos instalados, cuadros eléctricos y demás aparatos deberán estar identificados con un nombre y un número.

Esta identificación deberá estar acorde con lo indicado en los planos y esquemas proporcionados al instalador, señalando además otros datos como la potencia, tipo de cable, tipo de conexión o otros datos que el instalador considere oportunos.

Todos los equipos y aparatos que tenga especial importancia en la instalación, en particular aquellos relacionados con la energía, deberán venir correctamente etiquetados de la misma forma que lo indique la normativa que le corresponda. Se exigirá que sean visibles e inamovibles con caracteres correspondientes a la lengua oficial.

1.13 Recepción provisional

Una vez terminadas las obras, el contratante será el encargado de la recepción de las estas junto con la presencia de la dirección de obra y el instalador.

En este momento se levanta el Acta, en la que todos los participantes estén conformes, dando por recibida siempre y cuando se cumpla con las especificaciones. A partir de este momento comienza a contar el periodo de garantía.

En esta recepción provisional, el instalador deberá entregar a la dirección de obra la siguiente documentación:

- Copia definitiva de los planos, actualizados en el que se desarrolle los esquemas de principio, control y seguridad, el esquema unifilar, los planos de ubicación (de los cuadros de control y eléctricos), y los planos de planta indicando el recorrido y distribución de las instalaciones.
- Memoria en donde se incluye los criterios de la instalación y las bases adoptadas.
- Relación de los materiales y equipos con las características del fabricante, marca, modelo y modos de funcionamiento.
- Manual de instrucciones.
- El certificado de la instalación presentado ante la Consejería de Industria y Energía de la Comunidad Autónoma.
- El Libro de mantenimiento.
- Lista de repuestos recomendados, planos de despiece completo de cada unidad y catálogos

La dirección de obra entregará los mencionados documentos al Titular de la instalación, junto con las hojas recopilativas de los resultados de las pruebas y el Acta de Recepción, firmada por la dirección de obra y el instalador.

Cuando la obra se encuentre en un estado en el que no pueda ser recibida, se deberá hacer constar en acta este hecho y se entregará al instalador las instrucciones necesarias para remediar tales defectos con un plazo de ejecución fijo.

El instalador tendrá que hacerse cargo de las reparaciones defectuosas, rescindiéndose el contrato si el instalador no cumpliera estas prescripciones, con la pérdida total de la fianza.

1.14 Periodos de garantía

Este periodo deberá estar indicado en el contrato y se contará a partir de la conformidad del Acta de Recepción. La conservación de la obra estará a cargo del instalador hasta una nueva recepción, estando bajo su responsabilidad las reparaciones de defectos o calidad de los materiales.

En este periodo también se establecen las garantías por reclamaciones de terceros por ejecución de la obra.

1.15 Recepción definitiva

La recepción definitiva se produce al terminar el periodo de garantía o el periodo (6 meses) de recepción provisional. En este instante se procede a la recepción definitiva, con la presencia del director de obra y el instalador con el levantamiento del Acta correspondiente, firmada por ambos.

1.16 Permisos

El instalador junto con la dirección de obra deberá gestionar con todos los Organismos Oficiales competentes (nacionales, autonómico, provinciales y municipales) la obtención de los permisos relativos a las instalaciones.

Se obtendrá asimismo la redacción de los documentos necesarios, visado por el Colegio Oficial correspondiente y presencia durante las inspecciones.

1.17 Entrenamiento

El instalador deberá adiestrar adecuadamente, tanto en la explotación como en el mantenimiento de las instalaciones, al personal que designe la Propiedad.

Para ello, el instalador asignará específicamente el personal adecuado de su plantilla para llevar a cabo el entrenamiento, de acuerdo con el programa que presente y que deberá ser aprobado por la dirección de obra.

1.18 Repuestos, herramientas y útiles específicos

El instalador incorporará a los equipos los repuestos recomendados por el fabricante para el periodo de funcionamiento de acuerdo con la lista de materiales entregada con la oferta.

1.19 Subcontratación de las obras

Siempre y cuando exista consentimiento entre las partes se podrá concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra (construcción y montaje de conductos, montaje de tuberías, montaje de equipos especiales, construcción y montaje de cuadros eléctricos y tendido de líneas eléctricas, puesta a punto de equipos y materiales de control, etc.).

Se plantean las siguientes condiciones para la celebración de subcontratos:

- El subcontrato debe estar bajo conocimiento de la dirección de obra en un documento donde se indique los trabajos que se van a realizar y las condiciones económicas.
- Los trabajos que se realizarán, no debe exceder el 50% del presupuesto total de la Obra.

1.20 Riesgos

Las obras se ejecutarán, en cuanto a coste, plazo y arte, a riesgo y ventura del instalador, sin que esta tenga, por tanto, derecho a indemnización por causa de pérdidas, perjuicios o averías. El instalador no podrá alegar desconocimiento de situación, comunicaciones, características de la obra, etc.

El instalador será responsable de los daños causados a instalaciones y materiales en caso de incendio, robo, cualquier clase de catástrofes atmosféricas, debiendo cubrirse de tales riesgos mediante un seguro.

Asimismo, el instalador deberá disponer también de seguro de responsabilidad civil frente a terceros, por los daños y perjuicios que, directa o indirectamente, por omisión o negligencia, se puedan ocasionar a personas, animales o bienes como consecuencia de los trabajos por ella efectuados o por la actuación del personal de su plantilla o subcontratado.

1.21 Rescisión del contrato

Serán causas de rescisión del contrato las siguientes causas:

- La disolución, suspensión de pagos o quiebra del instalador.
- El embargo de los bienes destinados a la obra o utilizados en la misma.
- El incumplimiento repetido de las condiciones técnicas
- La demora en la entrega de la obra por un plazo superior a tres meses
- La manifiesta desobediencia en la ejecución de la obra.

La apreciación de la existencia de las circunstancias enumeradas en los párrafos anteriores corresponderá a la dirección de obra.

En los supuestos anteriores, la propiedad podrá unilateralmente rescindir el contrato sin pago de indemnización alguna y solicitar indemnización por daños y perjuicios, que se fijará en el arbitraje que se practique.

El instalador tendrá derecho a rescindir el contrato cuando la obra se suspenda totalmente y por un plazo de tiempo superior a tres meses. En este caso, el instalador tendrá derecho a exigir una indemnización del cinco por ciento del importe de la obra pendiente de realización, aparte del pago íntegro de toda la obra realizada y de los materiales situados a pie de obra.

1.22 Pago de obra

El plazo para el pago de las obras realizadas se hará como máximo en los 7 días posteriores a la finalización de estas. En caso de prolongarse por un periodo superior a 30 días, se abonarán las certificaciones mensuales de las mismas.

En estas certificaciones solamente aparecerán las unidades finalizadas por completo en el plazo. En estas se deberá reflejar el arreglo de precios (10% menos), así como planos, cubicación y demás referencias.

El instalador cubrirá operaciones extra como mediciones de unidades enterradas u ocultas cuando no se ha advertido, los gastos de replanteo, inspección y liquidación, y los gastos que se originen por inspección y vigilancia facultativa. Ambas partes tiene un plazo de quince días para reparaciones, comprobaciones o aceptaciones que puedan quedar pendientes.

Las certificaciones expedidas por el director de obra tienen carácter provisional las cuales pueden ser rectificables por otros documentos u certificaciones posteriores. Las certificaciones no implican aprobación ni recepción de la ejecución de las obras.

1.23 Abono de materiales acopiados

Aquellos materiales que no tengan peligro de desaparecer o que se deterioren y tenga consideración de útiles, serán abonados como precios descompuestos y se reflejarán en el Acta de recepción. El único responsable de los daños por la carga, transporte y descarga será el instalador.

En el caso de bobinas vacías se restituirán en el periodo de un mes desde la instalación del cableado. Como se ha descrito antes cualquier imprevisto o gasto suplementario estará a cargo de instalador.

1.24 Disposición final

La concurrencia a una subasta o concurso cuyo proyecto incluya el presente documento, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

2 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

2.1 Línea subterránea

2.1.1 Trazado

Conforme a lo indicado en la ITC-LAT-07, las canalizaciones, se ejecutarán en terrenos de dominio público salvo casos de fuerza mayor. También en suelo urbano o en curso de urbanización que tenga las cotas de nivel previstas en el proyecto de urbanización (alineaciones y rasantes), preferentemente bajo las aceras o calzadas, evitando ángulos pronunciados.

El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo a las fachadas de los edificios principales o a los bordillos.

Los trazados por zonas rurales que no discurren por vías públicas o paralelos a ellas se señalizarán mediante la instalación de hitos prefabricados de hormigón, que se colocarán en los tramos rectos y en todos los cruces y cambios de dirección.

La zona de trabajo afectada deberá ser conocida por las empresas de servicio público y por las empresas propietarias de estos servicios. Serán las que indiquen las instalaciones que se ven afectadas.

Una vez se conozca con detalle las instalaciones afectas se puede proceder a la apertura de zanjas. Antes de esto, se deberán abrir unas calas con el fin de evitar rectificaciones innecesarias. El coste por empleo de equipos de detección para contrastar con los datos aportados es responsabilidad del instalador.

Para la apertura de zanjas, se tomará lectura del trazado y se marcará claramente las zonas indicando el ancho, la longitud y las zonas para las tierras.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc. así como las chapas de hierro que vayan a colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

2.1.2 Canalizaciones

Para la ejecución de la línea subterránea de Media Tensión hasta 20 kV podrán canalizarse de las siguientes maneras:

- Cables entubados en zanjas.
- Cables directamente enterrados en zanjas.
- Cables al aire, alojados en galerías.

Las canalizaciones para utilizar en este proyecto se describen en los apartados de memoria y planos.

2.2 Centro de transformación

2.2.1 Generalidades

La construcción de este centro de transformación se realizará siguiendo el orden de ejecución de este documento, procurando ceñirse a las fases de construcción con el fin de evitar pérdidas de tiempo y anomalías en la correcta funcionalidad de la ejecución de la obra.

El extravío de material por robo, pérdida, etc. serán por cuenta del constructor.

2.2.1.1 Medios

El constructor estará provisto de los útiles y herramientas apropiadas para el fin que se destina. Asimismo, dispondrá de los medios apropiados para conservar los materiales a instalar.

Para la ejecución de la obra, estas herramientas deberán estar debidamente calibradas y en buen estado de conservación.

2.2.1.2 Rechazo de los materiales

El constructor está obligado a comprobar el buen estado de los materiales ya que una vez efectuada la operación del transporte será responsabilidad de éste cualquier deficiencia que aparezca en las distintas fases de ejecución.

Serán rechazados todos los materiales que hayan sufrido daños en transporte, acopio, montaje o cualquier uso indebido. El director de obra valorará y dictaminará la reposición o reparación de estos, siempre por cuenta del constructor.

2.2.2 Edificio prefabricado

La envolvente empleada en la ejecución de este proyecto cumplirá las condiciones generales prescritas en el MIE-RAT 14, Instrucción Primera del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, en lo referente a su inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado, canalizaciones, cuadros y pupitres de control, celdas, ventilación, paso de líneas y canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques. Señalización, sistemas contra incendios, alumbrados, primeros auxilios, pasillos de servicio y zonas de protección y documentación.

2.2.3 Aparamenta de Media Tensión

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica, y que utilicen gas para cumplir dos misiones:

- Aislamiento: El aislamiento integral en gas confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual sumersión del centro por efecto de riadas.
Por ello, esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta polución, en las zonas con clima agresivo (costas marítimas y zonas húmedas) y en las zonas más expuestas a riadas o entradas de agua en el centro.
- Corte: El corte en gas resulta más seguro que el aire, debido a lo explicado para el aislamiento.

Igualmente, las celdas empleadas habrán de permitir la extensibilidad "in situ" del centro, de forma que sea posible añadir más líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta previamente existente en el centro.

2.2.4 Transformadores de potencia

El transformador o transformadores instalados en este Centro de Transformación serán trifásicos, con neutro accesible en el secundario y demás características según lo indicado en la Memoria en los apartados correspondientes a potencia, tensiones primarias y secundarias, grupo de conexión, regulación en el primario, tensión de cortocircuito y protecciones propias del transformador.

Los transformadores se suelen instalar, en caso de incluir un líquido refrigerante, sobre una plataforma ubicada encima de un foso de recogida, de forma que en caso de que se derrame e incendie, el fuego quede confinado en la celda del transformador, sin difundirse por los pasos de cable ni otras aberturas al resto del Centro de Transformación, si estos son de maniobra interior (tipo caseta), sin embargo, en este proyecto no se tiene en cuenta este punto al ser el líquido refrigerante, un líquido de material orgánico.

Para una mejor ventilación los transformadores estarán situados en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire esté situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.

2.2.5 Equipos de medida

Este centro incorpora los dispositivos necesarios para la medida de energía al ser de abonado, por lo que se instalarán en el centro los equipos con características correspondientes al tipo de medida prescrito por la compañía suministradora.

Los equipos empleados corresponderán exactamente con las características indicadas en la Memoria tanto para los equipos montados en la celda de medida (transformadores de tensión e intensidad) como para los montados en la caja de contadores (contadores, regleta de verificación...).

2.2.5.1 Puesta en servicio

El personal encargado de realizar las maniobras estará debidamente autorizado y adiestrado. Las maniobras se realizarán en primer lugar, conectando el interruptor/seccionador de entrada si los hubiere. A continuación, se conectará la aparamenta de conexión siguiente hasta llegar al transformador, con lo cual

tendremos a éste trabajando para hacer las comprobaciones oportunas. Una vez realizadas las maniobras de MT, procederemos a conectar la red de BT.

2.2.5.2 Separación de servicio

Estas maniobras se ejecutarán en sentido inverso a las realizadas en la puesta en servicio y no se darán por finalizadas mientras no esté conectado el seccionador de puesta a tierra.

2.2.5.3 Mantenimiento

Para dicho mantenimiento se tomarán las medidas oportunas para garantizar la seguridad del personal.

Este mantenimiento consistirá en la limpieza, engrasado y verificado de los componentes fijos y móviles de todos aquellos elementos que fuese necesario.

Las celdas tipo CGMcosmos de ORMAZABAL, empleadas en la instalación, no necesitan mantenimiento interior, al estar aislada su aparamenta interior en gas, evitando de esta forma el deterioro de los circuitos principales de la instalación.

2.2.6 Normas de ejecución de las instalaciones

Todos los materiales, aparatos, máquinas, y conjuntos integrados en los circuitos de instalación proyectada cumplen las normas, especificaciones técnicas, y homologaciones que le son establecidas como de obligado cumplimiento por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Por lo tanto, la instalación se ajustará a los planos, materiales, y calidades de dicho proyecto, salvo orden facultativa en contra.

2.2.7 Pruebas reglamentarias

Las pruebas y ensayos a que serán sometidos los equipos y/o edificios una vez terminada su fabricación serán las que establecen las normas particulares de cada producto, que se encuentran en vigor y que aparecen como normativa de obligado cumplimiento en el MIE-RAT 02.

2.2.8 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

El centro deberá estar siempre perfectamente cerrado, de forma que impida el acceso de las personas ajenas al servicio. En el interior del centro no se podrá almacenar ningún elemento que no pertenezca a la propia instalación.

Para la realización de las maniobras oportunas en el centro se utilizará banquillo, palanca de accionamiento, guantes, etc., y deberán estar siempre en perfecto estado de uso, lo que se comprobará periódicamente.

Antes de la puesta en servicio en carga del centro, se realizará una puesta en servicio en vacío para la comprobación del correcto funcionamiento de las máquinas. Se realizarán unas comprobaciones de las resistencias de aislamiento y de tierra de los diferentes componentes de la instalación eléctrica.

Toda la instalación eléctrica debe estar correctamente señalizada y debe disponer de las advertencias e instrucciones necesarias de modo que se impidan los errores de interrupción, maniobras incorrectas, y contactos accidentales con los elementos en tensión o cualquier otro tipo de accidente.

Se colocarán las instrucciones sobre los primeros auxilios que deben presentarse en caso de accidente en un lugar perfectamente visible.

2.2.9 Certificados y documentación

Se adjuntarán, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos competentes las documentaciones indicadas a continuación:

- Autorización administrativa de la obra.
- Proyecto firmado por un técnico competente.
- Certificado de tensión de paso y contacto, emitido por una empresa homologada.
- Certificación de fin de obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Conformidad por parte de la compañía suministradora.

2.2.10 Libro de órdenes

Se dispondrá en este centro de un libro de órdenes, en el que se registrarán todas las incidencias surgidas durante la vida útil del citado centro, incluyendo cada visita, revisión, etc.

DOCUMENTO IV

PRESUPUESTO

ÍNDICE

1. LÍNEA SUBTERRANEA DE MEDIA TENSIÓN	103
Zanja línea subterránea	103
Tendido línea subterránea	103
Empalmes.....	103
Terminales.....	104
2. OBRA CIVIL	104
Edificio de Transformación: <i>pfu-5/20</i>	104
3. APARAMENTA MEDIA TENSIÓN	104
Entrada / Salida 1: <i>cgmcosmos-l</i>	104
Protección General: <i>cgmcosmos-v</i>	105
Medida: <i>cgmcosmos-m</i>	105
4. EQUIPO DE POTENCIA: TRANSFORMADOR	106
Transformador orgánico 24 kV	106
5. EQUIPOS BAJA TENSIÓN.....	106
Cuadros BT - B2 Transformador : <i>Interruptor en carga + Fusibles</i>	106
Puentes BT - B2 Transformador: <i>Puentes BT - B2 Transformador</i>	106
6. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	107
Tierras Exteriores Prot Transformación: Anillo rectangular	107
Tierras Exteriores Serv Transformación: Picas alineadas	107
Tierras Interiores Prot Transformación: Instalación interior tierras	107
Tierras Interiores Serv Transformación: Instalación interior tierras	108
7. VARIOS	108
Equipo de Protección y Control	108
Protección física transformador	108
Equipos de Iluminación	108
Equipo de seguridad y maniobra	109
8. TOTAL PRESUPUESTO.....	109

PRESUPUESTO

LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN				
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
m	Zanja línea subterránea Apertura de zanja de 0,5 x 1,00 m a máquina en tierra e instalación de tubos de 160 mm de diámetro. Comprende la apertura y demolición de 1 m de zanja, retiro de tierras sobrantes, llenado e instalación de cinta de señalización.	80,00	49,00 €	3.920,00 €
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
m	Tendido línea subterránea Cable eléctrico unipolar, Al Voltalene H Compact "PRYSMIAN", normalizado por compañía, proceso de fabricación del aislamiento mediante triple extrusión en línea catenaria, con reticulación del aislamiento mejorada y capa semiconductor externa extraíble en frío, tipo AL RHZ1 2OL 12/20 kV, tensión nominal 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca, con conductor formado por cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, rígido (clase 2), de 1x95 mm ² de sección, capa interna extrusionada de material semiconductor, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), capa externa extrusionada de material semiconductor, separable en frío, con barrera contra la propagación longitudinal de la humedad, pantalla de cinta longitudinal de aluminio termosoldada y adherida a la cubierta, cubierta de poliolefina termoplástica de altas prestaciones, de tipo Vemex, de color rojo, y con las siguientes características: reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos y nula emisión de gases corrosivos. Según UNE 211620.	78,00	6,58 €	513,24 €
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
ud	Empalmes Suministro y montaje de conjunto de 3 empalmes unipolares en conductor de aluminio con aislamiento seco RHZ1 2OL 12/20kV, de 1x95 mm ² de sección.	2,00	468,89 €	937,78 €
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe

ud	Terminales			
	Suministro y montaje de juego de tres botellas terminales de interior, tipo enchufables en T para cable AI RHZ1 2OL 12/20kV 1x95 mm2 de sección	2,00	635,74 €	1.271,48 €
			TOTAL	6.642,50 €
OBRA CIVIL				
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
	Edificio de Transformación: <i>pfu-5/20</i>			
ud	Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo pfu-5/20, de dimensiones generales aproximadas 6080 mm de largo por 2380 mm de fondo por 3045 mm de alto. Incluye el edificio y todos sus elementos exteriores según CEI 622171-202, transporte, montaje y accesorios.	1,00	11.825,00 €	11.825,00 €
			TOTAL	11.825,00 €
APARAMENTA MEDIA TENSIÓN				
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
ud	Entrada / Salida 1: <i>cgmcosmos-l</i> Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL, con las siguientes características: Un = 24 kV In = 400 A Icc = 16 kA / 40 kA Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1740 mm Mando: motorizado tipo BM Se incluye montaje y conexión	2,00	7.125,00 €	14.250,00 €
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
	Seccionamiento Compañía: <i>cgmcosmos-s</i>			

ud	Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características: Un = 24 kV In = 400 A Icc = 16 kA / 40 kA Dimensiones: 450 mm / 735 mm / 1740 mm Se incluyen el montaje y conexión Mando: manual tipo B	1,00	2.675,00 €	2.675,00 €
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
ud	Protección General: <i>cgmcosmos-v</i> Módulo metálico de corte en vacío y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características: Un = 24 kV In = 400 A Icc = 16 kA / 40 kA Dimensiones: 480 mm / 850 mm / 1740 mm Mando (automático): manual RAV Relé de protección: ekor.rpg-2001B Se incluyen el montaje y conexión	1,00	10.425,00 €	10.425,00 €
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
ud	Medida: <i>cgmcosmos-m</i> Módulo metálico, conteniendo en su interior debidamente montados y conexiónados los aparatos y materiales adecuados, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características: Un = 24 kV Dimensiones: 800 mm / 1025 mm / 1740 mm Se incluyen en la celda tres (3) transformadores de tensión y tres (3) transformadores de intensidad, para la medición de la energía eléctrica consumida, con las características detalladas en la Memoria. Se incluyen el montaje y conexión.	1,00	6.150,00 €	6.150,00 €
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
	Puentes MT Transformador 1: Cables MT 12/20 kV			

ud	Cables MT 12/20 kV del tipo RHZ1-1OL, unipolares, con conductores de sección y material 1x95 Al empleando 3 de 10 m de longitud, y terminaciones EUROMOLD de 24 kV del tipo cono difusor y modelo OTK 224. En el otro extremo son del tipo cono difusor y modelo OTK 224.	1,00	850,00 €	850,00 €
			TOTAL	34.350,00 €
EQUIPO DE POTENCIA: TRANSFORMADOR				
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
ud	Transformador orgánico 24 kV Transformador trifásico reductor de tensión marca ORMAZABAL, según las normas citadas en la Memoria con neutro accesible en el secundario, de potencia 400 kVA y refrigeración natural éster biodegradable, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión DYN11, de tensión de cortocircuito de 4% y regulación primaria de +/-2.5%, +/-5%, +10%. Se incluye también una protección con Termómetro.	1,00	10.126,00 €	10.126,00 €
			TOTAL	10.126,00 €
EQUIPOS BAJA TENSIÓN				
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
ud	Cuadros BT - B2 Transformador : Interruptor en carga + Fusibles Cuadro de BT especialmente diseñado para esta aplicación con las siguientes características: Interruptor manual de corte en carga de 630 A Salidas formadas por bases portafusibles: 1 salida Tensión nominal: 440 V Aislamiento: 10 kV Dimensiones: 1820 mm/580 mm/ 300 mm	1,00	2.700,00 €	2.700,00 €
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
ud	Puentes BT - B2 Transformador: Puentes BT - B2 Transformador Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x240Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase+3xneutro de 3,0 m de longitud.	1,00	1.150,00 €	1.150,00 €
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe

ud	Equipo de Medida de Energía Contador tarifador electrónico multifunción, registrador electrónico y regleta de verificación	1,00	3.207,00 €	3.207,00 €
			TOTAL	7.057,00 €
SISTEMA DE PUESTA A TIERRA				
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
ud	Tierras Exteriores Prot Transformación: Anillo rectangular Tierras Exteriores Prot Transformación: Anillo rectangular Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo.El conductor de cobre está unido a picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro. Características: Geometría: Anillo rectangular Profundidad: 0,8 m Número de picas: ocho Longitud de picas: 2 metros Dimensiones del rectángulo: 7.0x4.0 m	1,00	2.025,00 €	2.025,00 €
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
ud	Tierras Exteriores Serv Transformación: Picas alineadas Tierra de servicio o neutro del transformador. Instalación exterior realizada con cobre aislado con el mismo tipo de materiales que las tierras de protección. Características: Geometría: Picas alineadas Profundidad: 0,5 m Número de picas: dos Longitud de picas: 2 metros Distancia entre picas: 3 metros	1,00	630,00 €	630,00 €
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
	Tierras Interiores Prot Transformación: Instalación interior tierras			

ud	Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, con el conductor de cobre desnudo, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás apartada de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía suministradora.	1,00	925,00 €	925,00 €
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
ud	Tierras Interiores Serv Transformación: Instalación interior tierras Instalación de puesta a tierra de servicio en el edificio de transformación, con el conductor de cobre aislado, grapado a la pared, y conectado al neutro de BT, así como una caja general de tierra de servicio según las normas de la compañía suministradora.	1,00	925,00 €	925,00 €
			TOTAL	4.505,00 €
VARIOS				
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
ud	Equipo de Protección y Control ekor.uct - Unidad Compacta de Telemando ekor.uct, que incluye ekor.ccp, y el cajón de control descritos en la memoria que incluyen el programa de control, el conexionado y las pruebas de funcionamiento.	1,00	8.500,00 €	8.500,00 €
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
ud	Protección física transformador Defensa de Transformador. Protección metálica para defensa del transformador. La defensa incluye una cerradura enclavada con la celda de protección del transformador correspondiente.	1,00	925,00 €	283,00 €
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe
ud	Equipos de Iluminación Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los equipos de MT. Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.	1,00	600,00 €	600,00 €
UD	Descripción	Unidad	Precio/Unidad	Importe

ud	Equipo de seguridad y maniobra			
	Equipo de operación que permite tanto la realización de maniobras con aislamiento suficiente para proteger al personal durante la operación, tanto de maniobras como de mantenimiento, compuesto por: Banquillo aislante Par de guantes aislantes Una palanca de accionamiento Armario de primeros auxilios	1,00	550,00 €	550,00 €
			TOTAL	9.933,00 €

PRESUPUESTO		
Total importe línea subterránea		6.642,50 €
Total importe obra civil		11.825,00 €
Total importe aparamenta de MT		34.350,00 €
Total importe equipos de potencia		10.126,00 €
Total importe equipos de BT		7.057,00 €
Total importe sistema de tierras		4.505,00 €
Total importe de varios		9.933,00 €
Neto del presupuesto completo		84.438,50 €
0 % de imprevistos		0,00 €
TOTAL PRESUPUESTO		84.438,50 €

DOCUMENTO V

CONCLUSIONES

Conclusiones

Una vez llegado a este punto, se puede decir que se ha alcanzado con el objetivo que se había planteado, el de dar a conocer las instalaciones eléctricas necesarias para la electrificación de un recinto industrial, así como de mostrar su diseño, cálculos y dimensiones.

Este trabajo de fin de grado se ha tratado como lo que es, un proyecto de ingeniería y es por ello por lo que se ha dividido en distintos documentos. Cada documento además está separado en dos segmentos principales claramente diferenciados. Por una parte, lo referente a la línea subterránea de Media Tensión y por otra parte lo relativo al centro de transformación.

Se ha analizado de esta forma porque como se dijo al principio, por un lado, la instalación subterránea se cederá a Unión Fenosa Distribución S.A. para que pasen a ser parte de su infraestructura y, por otro lado, la instalación en superficie será de dominio privado. De esta manera se deja clara la diferencia en cuanto a la propiedad de la instalación.

La problemática que requiere un estudio de esta magnitud se ha solucionado a través del buen uso de reglamentos y normativa, para que toda la instalación cumpla con las exigencias que se requieren tanto por la legislación nacional como por los requerimientos de la compañía.

De esta forma, para el diseño y cálculo de la línea subterránea se ha usado principalmente como apoyo el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias y, para el diseño y cálculo del centro de transformación el software AmiKIT 4.0 proporcionado por el fabricante Ormazabal, fabricante homologado de la compañía para este tipo de instalación en el nivel de tensión de 20 kV.

Una vez realizado el estudio técnico, se realizó el estudio económico con el que el presupuesto de ejecución ascendió a 84.438,50 €.

Esta cantidad obtenida se puede concluir que es un poco excesiva. Sin embargo, esto resulta de la elección de la aparamenta elegida, de las más actuales y

complejas tal como se detalló en el documento memoria, y del transformador, un equipo moderno, hermético con fluido dieléctrico biodegradable, elección fruto del compromiso con el medio ambiente de cara a la preservación del entorno.

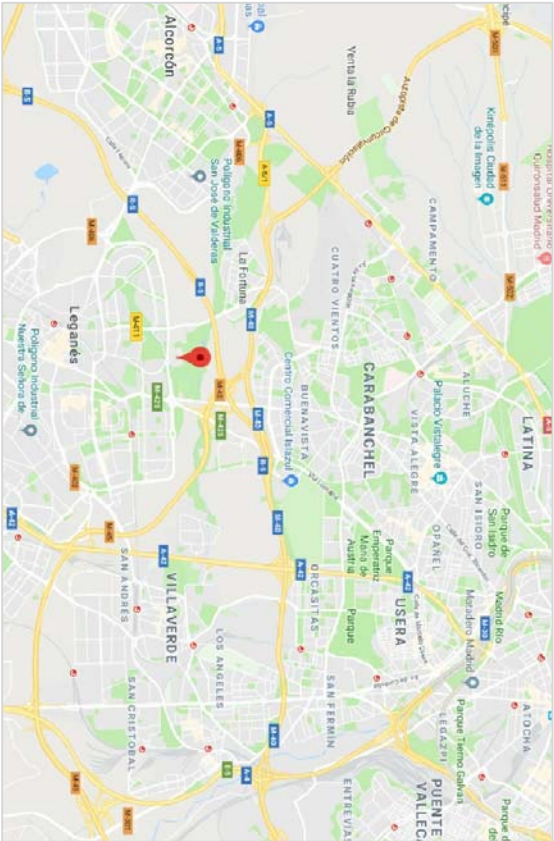
Trabajos futuros

A partir los resultados obtenidos se pueden presentar temas que serían interesantes de desarrollar en futuros trabajos como los que se detallan a continuación:

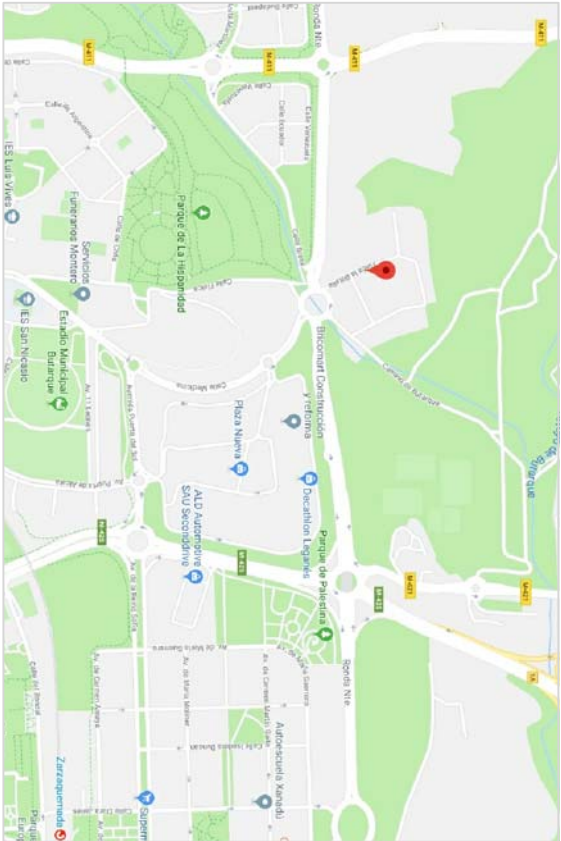
- Se ha hecho un esfuerzo por indagar en la búsqueda de transformadores respetuosos con el medio ambiente, con el fin de mitigar los impactos que los actuales transformadores generan. Sin embargo, queda mucho por desarrollar en este tema tanto en la apartament de Media Tensión como en los materiales usados en todo el trabajo.
- En la actualidad, en las instalaciones prima lo económico frente a otros parámetros como la eficiencia energética o respeto al entorno. En este sentido, sería sensato encontrar el equilibrio.
- Se podría desarrollar la implantación de un sistema que permita la intercomunicación entre el centro de transformación y la central de control de la compañía de tal forma que se pueda tejer una red inteligente, obteniendo sistemas más eficientes.

DOCUMENTO VI

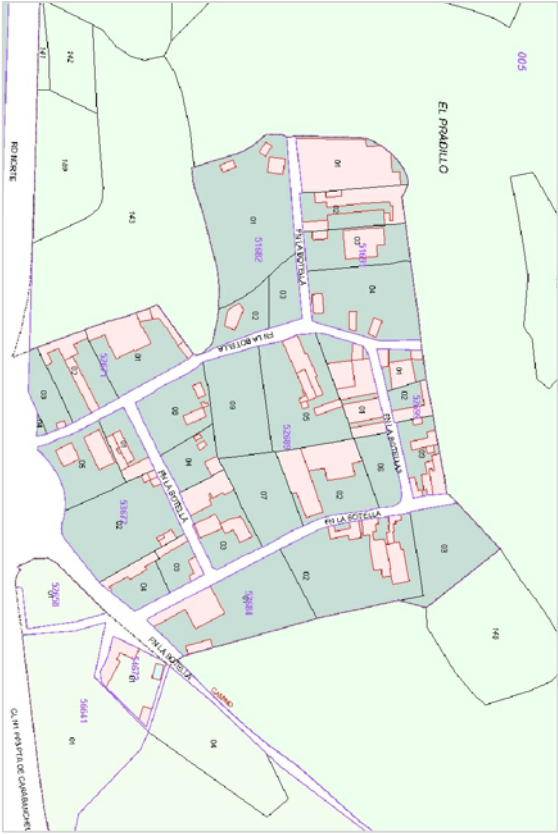
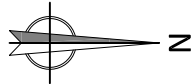
PLANOS



SITUACION S/E

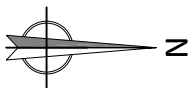


SITUACION S/E



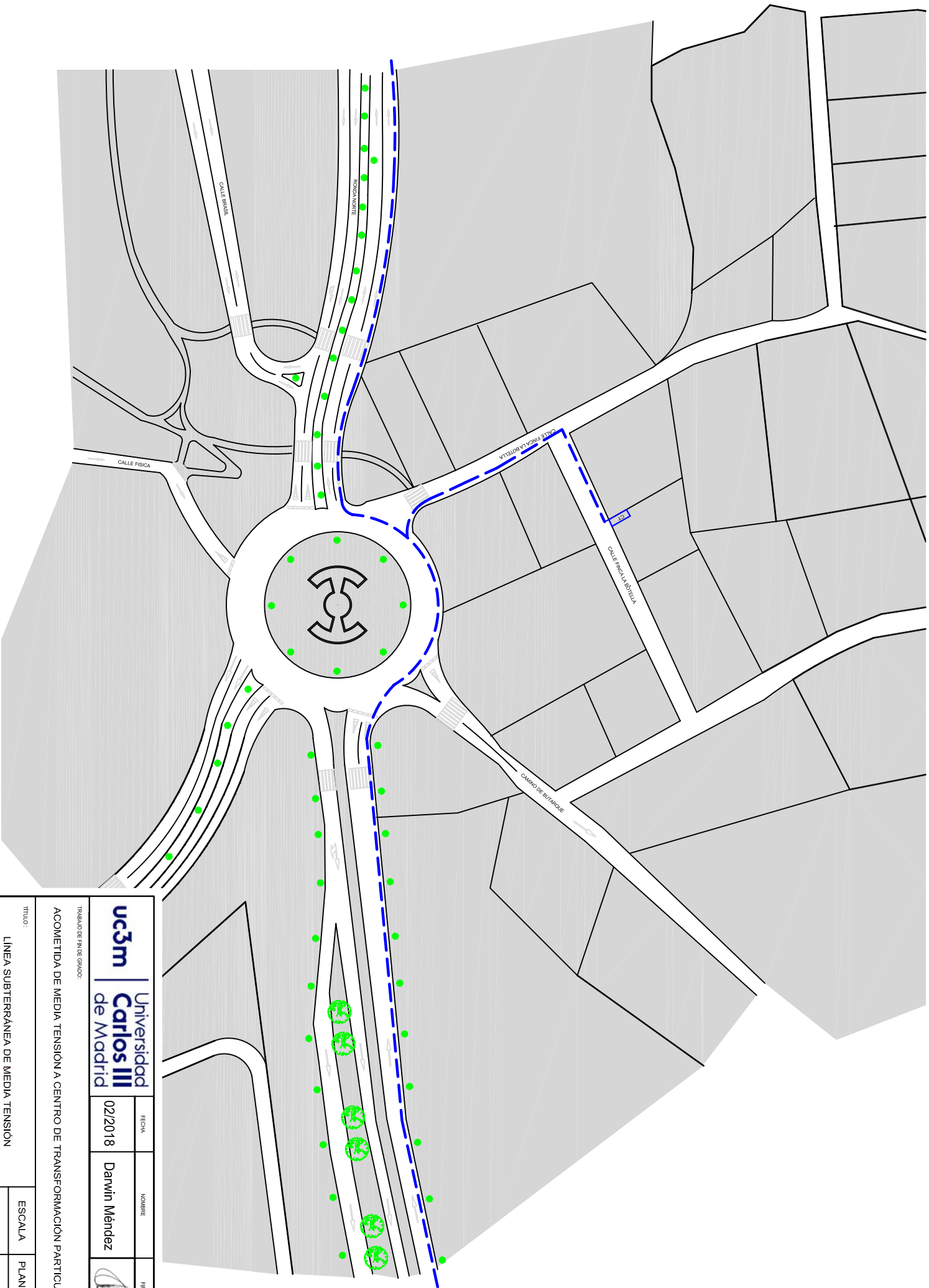
VISTA CATASTRO

uc3m		Universidad Carlos III de Madrid		02/2018		Darwin Méndez			
TITULO :		PLAN DE SITUACIÓN		ESCALA		PLANO Nº :		S/E	
01									



COORDENADAS:		
GPS	LAT:	40° 20' 51.77" N
	LON:	3° 45' 49.66" W
UTM	X:	435.134,37 m
	Y:	4.466.631,23 m
Cota		20 m
HUSO		30

uc3m		Universidad Carlos III de Madrid		FECHA	NOMBRE	PRIMA		
				02/2018	Darwin Méndez			
TRABAJO DE FIN DE GRADO:								
ACOMETIDA DE MEDIA TENSIÓN A CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PARTICULAR								
TÍTULO :				ESCALA	PLANO Nº :			
PLANO EMPLAZAMIENTO				S/E	02			



uc3m

Universidad Carlos III de Madrid

FECHA	02/2018	NOMBRE	Darwin Méndez	FIRMA	
-------	---------	--------	---------------	-------	--

TRABAJO DE FIN DE GRADO

ACOMETIDA DE MEDIA TENSIÓN A CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PARTICULAR

TÍTULO :

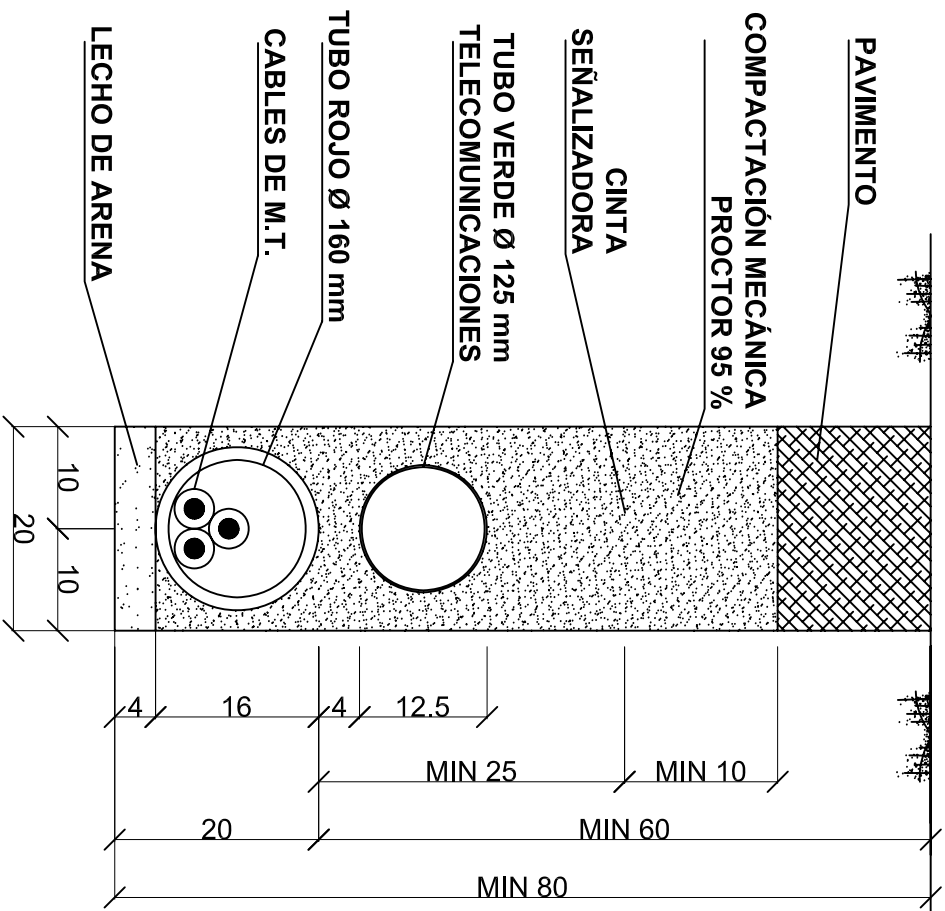
LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN


ESCALA

1:2000

PLANO Nº :

03



uc3m Universidad Carlos III de Madrid		
FECHA	02/2018	
NOMBRE	Darwin Méndez	
FIRMA		

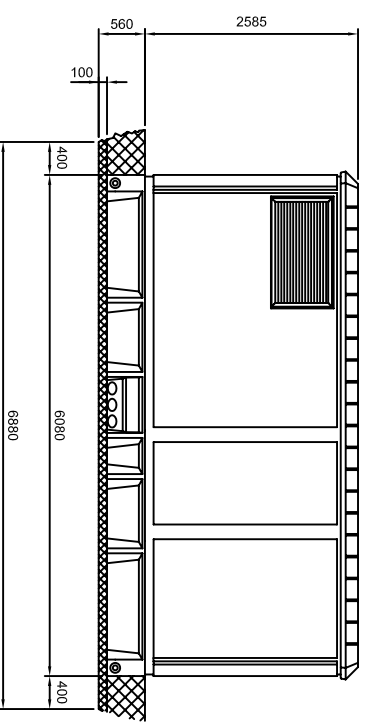
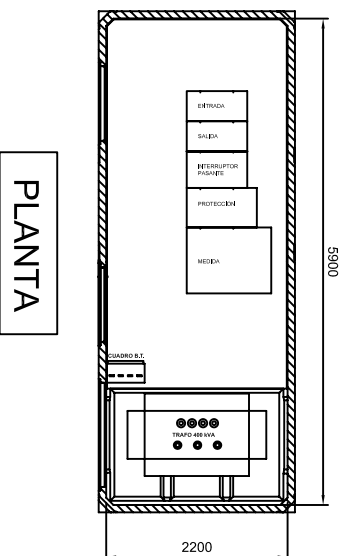
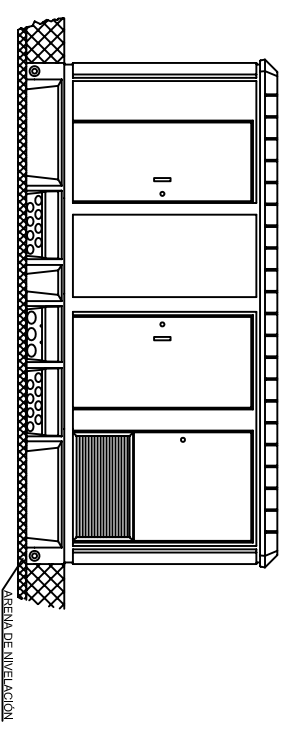
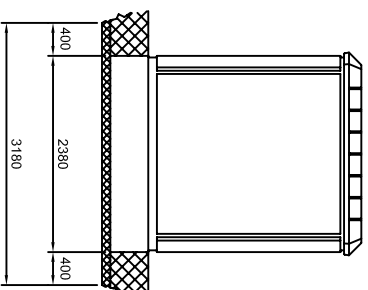
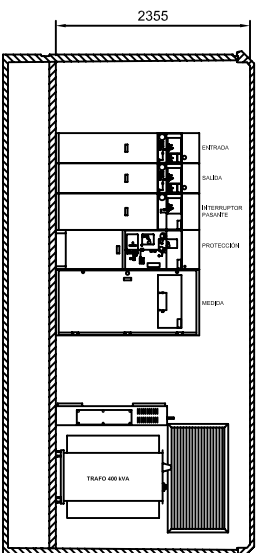
TRABAJO DE FIN DE GRADO:

ACOMETIDA DE MEDIA TENSIÓN A CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PARTICULAR



TÍTULO:

DETALLES CANALIZACIONES

ESCALA	PLANO Nº:
S/E	04



DIMENSIONES DE LA EXCAVACION
6.88 m. ancho x 3.18 m. fondo x 0.56 m. profund.

		FECHA	NOMBRE	FIRMA
		02/2018	Darwin Méndez	

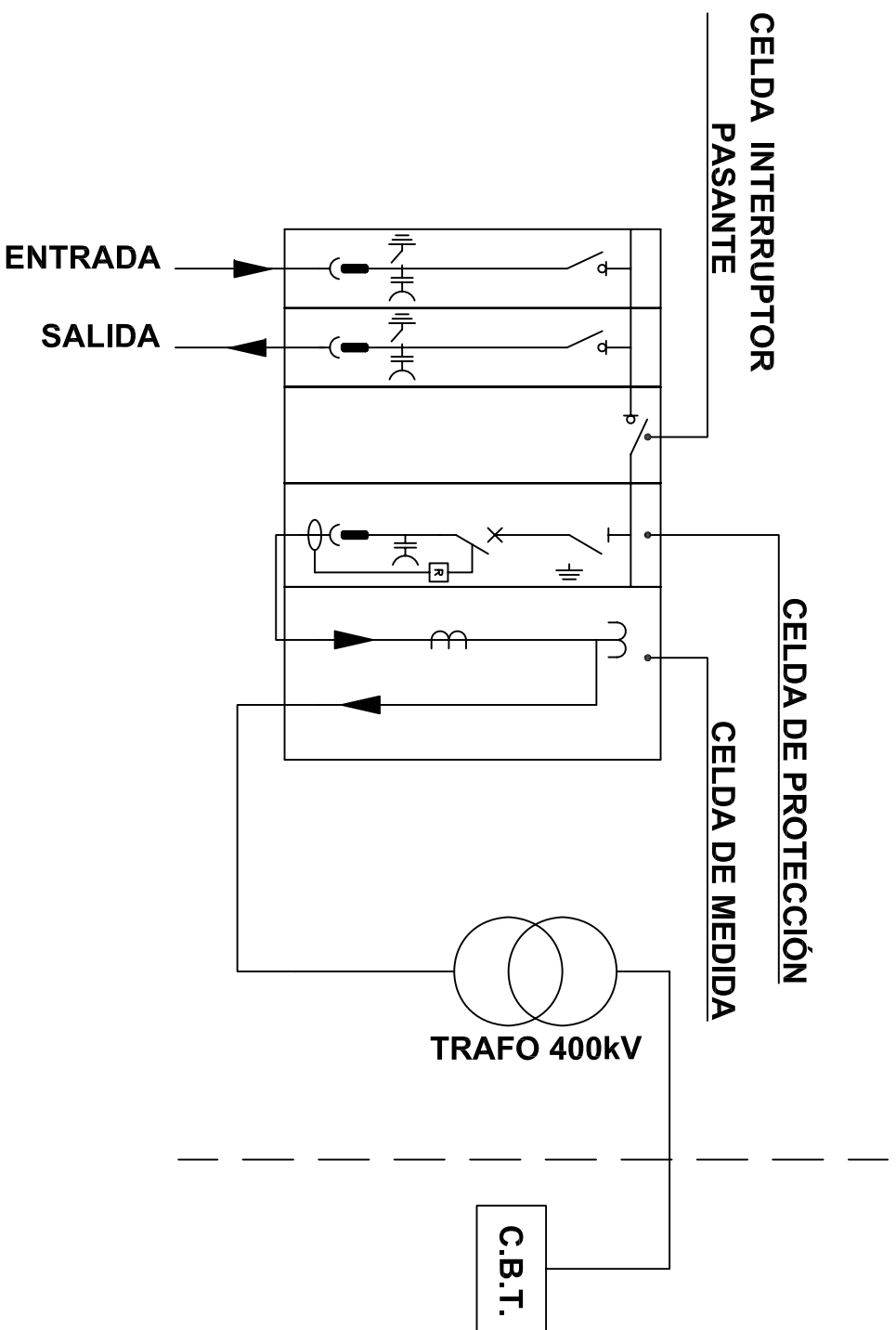
TRABAJO DE FIN DE GRADO:


ACOMETIDA DE MEDIA TENSION A CENTRO DE TRANSFORMACION PARTICULAR

TITULO :

EDIFICIO CENTRO DE TRANSFORMACION

ESCALA	PLANO Nº :
S/E	05



uc3m		Universidad Carlos III de Madrid		PRIMA	
02/2018		Darwin Méndez			
TRABAJO DE FIN DE GRADO:					
ACOMETIDA DE MEDIA TENSIÓN A CENTRO DE TRANSFORMACION PARTICULAR					
TÍTULO :		ESCALA		PLANO Nº :	
ESQUEMA UNIFILAR		S/E		06	

DOCUMENTO VII

BIBLIOGRAFÍA

Reglamentos y normas

- **Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto.** Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT01 a BT51.
- **Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre.** Regulación de las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- **Real Decreto 1725/1984, de 18 de julio.** Modificación del Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía y el modelo de póliza de abono para el suministro de energía eléctrica y las condiciones de carácter general de la misma.
- **Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero.** Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad *en líneas eléctricas* de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- **Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo.** Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en *instalaciones eléctricas* de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- **Ley 40/1994, de 30 de diciembre.** Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional.
- Otras reglamentaciones o disposiciones nacionales, autonómicas o locales vigentes.
- Normas del Ayuntamiento.
- Normalización Nacional (Normas UNE) y recomendaciones UNESA en cables y centros de transformación.
- Normas particulares de la compañía suministradora de energía.

Libros y manuales

- “Instalaciones eléctricas en media y baja tensión”. José García Trasancos. Ed Paraninfo, 2016.
- “Reglamento líneas alta tensión y sus fundamentos técnicos”. Jorge Moreno Mohino. Ed paraninfo, 2008.
- “Instalaciones eléctricas de enlace y centros de transformación”. Alberto Guerrero Fernández. McGraw-Hill, 2006.
- “Proyecto y ejecución de obra del centro de transformación”. José Luis Gutiérrez Montes, Ed. Autor-Editor, 2014.
- “Proyecto Tipo Líneas Eléctricas Subterráneas de Baja Tensión”. Union Fenosa Distribución, 2011.

Catálogos fabricantes

- Catálogos y documentación. Ormazabal
- Catálogo Media Tensión. Schneider Electric.
- Catálogos de cables de Media Tensión. Prysmian.

Programas utilizados

- Microsoft Office: Excel, Word.
- AmiKIT 4.0
- AutoCAD 2012.

DOCUMENTO VIII

ANEXO

Características constructivas

Media Tensión

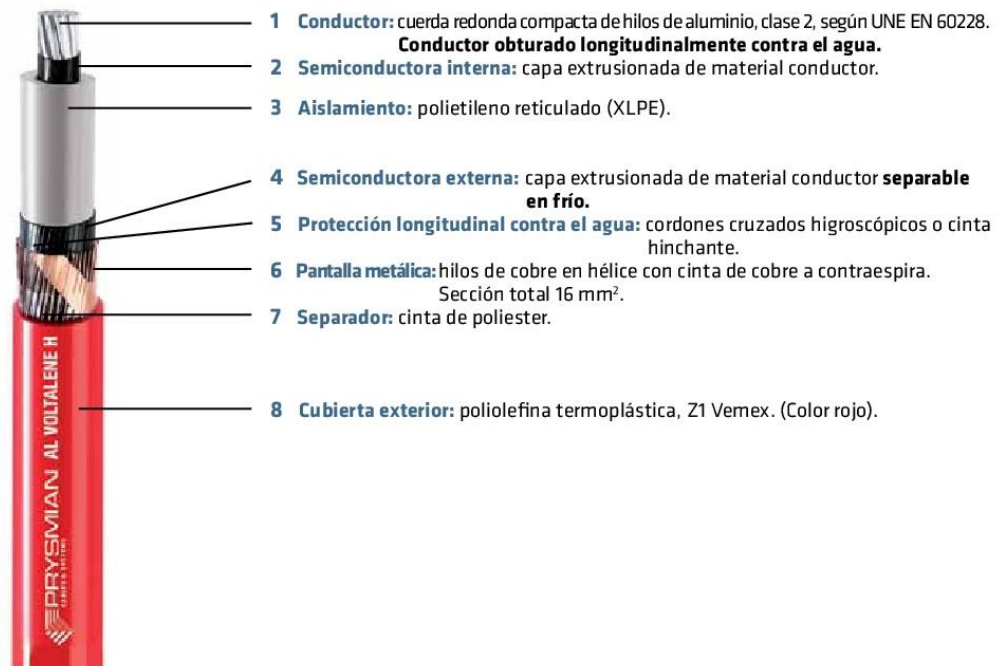
CABLE AL VOLTALENE H 12/20 kV

ESTRUCTURA DEL CABLE NORMALIZADO POR GAS NATURAL FENOSA

Tipo: AL RHZ1-20L
Tensión: 12/20 kV
Norma de diseño: UNE HD 620-10E

(Los cables satisfacen los ensayos establecidos en la norma IEC 60502-2).

Composición:



Características constructivas

Media Tensión

DATOS TÉCNICOS DEL CABLE AL VOLTALENE H (NORMALIZADO POR GAS NATURAL FENOSA) AL RHZ1-20L

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES

1 x sección conductor (Al)/sección pantalla (Cu) (mm²)	Código	Ø Nominal aislamiento* (mm)	Espesor aislamiento (mm)	Ø Nominal exterior* (mm)	Espesor cubierta (mm)	Peso aproximado (kg/km)	Radio de curvatura estático (posición final) (mm)	Radio de curvatura dinámico (durante tendido) (mm)
12/20 kV								
1x95/16 (1)	37012063	23,3	5,5	31,7	2,5	1020	476	634
1x150/16 (1)	37012064	26,1	5,5	34,4	2,7	1260	516	688
1x240/16 (1)	37012065	30,2	5,5	40	2,7	1640	600	800
1x400/16 (1)	20082438	36,7	5,5	44,7	2,7	2300	671	894

(1) Secciones homologadas por la compañía Gas Natural Fenosa
*Valores aproximados (sujetos a tolerancias propias de fabricación)

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

	12/20 kV
Tensión nominal simple, U ₀ (kV)	12
Tensión nominal entre fases, U (kV)	20
Tensión máxima entre fases, U _m (kV)	24
Tensión a impulsos, U _p (kV)	125
Temperatura máxima admisible en el conductor en servicio permanente (°C)	90
Temperatura máxima admisible en el conductor en régimen de cortocircuito (°C)	250

1 x sección conductor (Al)/sección pantalla (Cu) (mm²)	Intensidad máxima admisible bajo tubo y enterrado* (A)	Intensidad máxima admisible directamente enterrado* (A)	Intensidad máxima admisible al aire** (A)	Intensidad máxima de cortocircuito en el conductor durante 1 s (A)	Intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla durante 1 s*** (A)
12/20 kV					
1x95 /16 (1)	190	205	255	8930	3130
1x150/16 (1)	245	260	335	14100	3130
1x240/16 (1)	320	345	455	22560	3130
1x400/16 (1)	415	445	610	37600	3130

(1) Secciones homologadas por la compañía Gas Natural Fenosa
*Condiciones de instalación: una terna de cables enterrado a 1 m de profundidad, temperatura de terreno 25 °C y resistividad térmica 1,5 K·m/W
**Condiciones de instalación: una terna de cables al aire (a la sombra) a 40 °C
***Calculado de acuerdo con la norma IEC 60949

1 x sección conductor (Al)/sección pantalla (Cu) (mm²)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Resistencia del conductor a T máx (90 °C) (Ω/km)	Reactancia inductiva (Ω/km)	Capacidad (μF/km)
12/20 kV				
1x95 /16 (1)	0,320	0,430	0,125	0,217
1x150/16(1)	0,206	0,277	0,117	0,254
1x240/16(1)	0,125	0,168	0,104	0,306
1x400/16(1)	0,078	0,105	0,100	0,387

(1) Secciones homologadas por la compañía Gas Natural Fenosa
NOTA: valores obtenidos para una terna de cables al tresbolillo y con los cables en contacto.

media tensión

cables tipo voltalene

TABLA IX

Intensidad máxima admisible (A), en servicio permanente, para cables aislados con XLPE (Voltalene) sin armadura.

Sección nominal mm ²	Tensión nominal					
	90 °C 1,8/3 kV a 18/30 kV					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Conductores de Cu						
10	-	-	-	-	-	-
16	115	105	100	91	98	90
25	155	140	130	120	125	115
35	185	170	155	145	150	140
50	220	205	180	170	175	160
70	275	255	225	205	220	200
95	335	305	265	245	260	235
120	385	345	300	280	290	265
150	435	395	340	315	325	300
185	500	445	380	355	370	335
240	590	525	440	415	425	395
300	680	600	490	460	475	445
400	790	-	560	520	-	-
500	930	-	635	605	-	-
630	1095	-	715	675	-	-
Conductores de Al						
16	92	80	78	74	76	70
25	120	110	100	94	95	90
35	145	130	120	110	115	105
50	170	155	140	130	135	125
70	210	195	170	160	165	155
95	255	235	205	190	200	180
120	295	270	235	215	225	205
150	335	305	260	245	255	230
185	385	345	295	280	285	260
240	455	405	345	320	330	305
300	520	465	390	365	375	345
400	610	-	445	415	-	-
500	715	-	505	480	-	-
630	830	-	575	545	-	-

- (1) Tres cables unipolares agrupados, instalados al aire.
 (2) Un cable trifásico, instalado al aire, protegido del sol.
 (3) Tres cables unipolares agrupados, enterrados a 1 m de profundidad.
 (4) Tres cables unipolares bajo tubo, enterrados a 1 m de profundidad.
 (5) Un cable trifásico, enterrado a 1 m. de profundidad.
 (6) Un cable trifásico bajo tubo, enterrado a 1 m de profundidad

Temperatura del terreno °C: 25
 Temperatura del aire °C: 40
 Resistividad térmica terreno K·m/W: 1,5
 Temperatura del conductor en °C: 90

media tensión

cables tipo voltalene

TABLA IX bis

Intensidad máxima admisible (A), en servicio permanente, para cables aislados con XLPE (Voltalene) con armadura.

Sección nominal mm ²	Tensión nominal					
	90 °C 1,8/3 kV a 18/30 kV					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Conductores de Cu						
10	-	-	-	-	-	-
16	115	105	100	94	100	92
25	150	140	130	120	125	115
35	180	165	155	140	150	140
50	210	200	180	165	180	165
70	265	250	225	200	220	200
95	315	300	260	235	260	235
120	360	340	295	265	295	270
150	405	385	325	295	330	300
185	460	440	360	330	370	340
240	530	510	410	375	425	395
300	600	580	450	410	480	445
400	680	-	495	450	-	-
500	775	-	540	505	-	-
630	885	-	585	545	-	-
Conductores de Al						
16	88	80	80	72	76	70
25	110	105	100	92	95	90
35	135	130	120	110	115	105
50	160	155	140	130	140	125
70	200	190	175	155	170	150
95	240	225	205	185	200	180
120	275	260	230	210	225	205
150	310	295	255	235	250	230
185	355	335	290	265	285	255
240	415	390	330	300	325	295
300	470	455	365	335	375	345
400	540	-	410	375	-	-
500	620	-	455	425	-	-
630	710	-	505	470	-	-

- (1) Tres cables unipolares agrupados, instalados al aire.
 (2) Un cable trifásico, instalado al aire, protegido del sol.
 (3) Tres cables unipolares agrupados, enterrados a 1 m de profundidad.
 (4) Tres cables unipolares bajo tubo, enterrados a 1 m de profundidad.
 (5) Un cable trifásico, enterrado a 1 m. de profundidad.
 (6) Un cable trifásico bajo tubo, enterrado a 1 m de profundidad

Temperatura del terreno °C: 25
 Temperatura del aire °C: 40
 Resistividad térmica terreno K·m/W: 1,5
 Temperatura del conductor en °C: 90

media tensión

cables tipo voltalene

TABLA V
Tensiones de ensayo en fábrica

Tensión nominal U ₀ /U (kV)	Ensayo de tensión. Tensión aplicada en c.a. durante 5 min para U ₀ ≤ 30 kV (kV)	Ensayo de descargas parciales. Tensión de ensayo (kV)	Nivel de aislamiento a impulsos, U _p (kV)
1,8/3	6.5	-	-
3,6/6	12.5	6.3	60
6/10	21	10.5	75
8,7/15	30.5	15.2	95
12/20	42	21	125
15/25	52.5	26.2	145
18/30	63	31.5	170

TABLA VI
Resistencia a la frecuencia de 50 Hz

Sección nominal mm ²	Resistencia máxima en c.a. y a 90°C en Ω/km			
	Cables Unipolares		Cables Tripolares	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.310	-	2.346	-
16	1.455	2.392	1.479	2.431
25	0.918	1.513	0.936	1.542
35	0.663	1.093	0.675	1.112
50	0.490	0.800	0.499	0.822
70	0.339	0.558	0.345	0.568
95	0.245	0.430	0.249	0.410
120	0.195	0.321	0.197	0.324
150	0.159	0.277	0.161	0.265
185	0.127	0.209	0.129	0.212
240	0.098	0.168	0.099	0.163
300	0.078	0.128	-	-
400	0.062	0.105	-	-
500	0.051	0.084	-	-

Nota: La caída de tensión de la línea para el caso de corriente alterna trifásica, se calcula con la fórmula aproximada: $\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi)$. Donde L, en km, es la longitud de la línea. I, en A, es la intensidad de corriente a transportar. (Se recomienda ver ejemplo de cálculo en la página 34).

media tensión

cables tipo voltalene

TABLA VII
Reactancia la frecuencia de 50 Hz

Sección nominal mm ²	Reactancia X en Ω /km por fase Tensión nominal del cable						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	15/25 kV	18/30 kV
Tres cables unipolares en contacto mutuo							
10	0.136	0.141	-	-	-	-	-
16	0.126	0.130	0.143	-	-	-	-
25	0.117	0.121	0.134	0.141	-	-	-
35	0.111	0.115	0.128	0.135	0.146	-	-
50	0.106	0.109	0.122	0.128	0.138	0.144	0.149
70	0.100	0.103	0.115	0.120	0.130	0.136	0.141
95	0.095	0.098	0.110	0.115	0.125	0.129	0.132
120	0.092	0.095	0.106	0.111	0.120	0.123	0.127
150	0.090	0.092	0.102	0.108	0.117	0.120	0.123
185	0.088	0.091	0.100	0.104	0.112	0.118	0.120
240	0.085	0.088	0.097	0.101	0.119	0.116	0.114
300	0.083	0.087	0.093	0.097	0.104	0.108	0.111
400	0.081	0.085	0.091	0.095	0.101	0.104	0.106
500	0.080	0.084	0.089	0.092	0.098	0.100	0.102
Un cable tripolar							
10	0.115	0.122	-	-	-	-	-
16	0.107	0.113	0.127	-	-	-	-
25	0.100	0.105	0.118	0.127	-	-	-
35	0.095	0.100	0.112	0.120	0.126	-	-
50	0.091	0.095	0.106	0.114	0.120	0.127	0.133
70	0.086	0.090	0.100	0.107	0.113	0.119	0.125
95	0.083	0.087	0.096	0.102	0.107	0.114	0.119
120	0.081	0.084	0.093	0.098	0.103	0.109	0.114
150	0.079	0.082	0.090	0.096	0.101	0.106	0.111
185	0.079	0.081	0.089	0.094	0.098	0.103	0.108
240	0.076	0.079	0.085	0.090	0.094	0.099	0.103

Nota: La caída de tensión de la línea para el caso de corriente alterna trifásica, se calcula con la fórmula aproximada: $\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$. Donde L, en km, es la longitud de la línea. I, en A, es la intensidad de corriente a transportar. (Se recomienda ver ejemplo de cálculo en la página 34).